

**meteor
csillagászati
évkönyv**



2004



1



2



3

Meteor csillagászati évkönyv 2004

meteor csillagászati évkönyv 2004

szerkesztette:
Árkai István
Kisvárdai László
Tóthvári Zoltán

Kiadja a Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 2004

meteor csillagászati évkönyv 2004

szerkesztette:

Mizser Attila
Szabados László
Taracsák Gábor

Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 2003

Az évkönyv összeállításában közreműködött:

Jean Meeus (Belgium)

Sárneczky Krisztián

Szakmailag ellenőrizte:

Kun Mária (cikkek, beszámolók)

Szabadi Péter (táblázatok)

Műszaki szerkesztés és illusztrációk:

Taracsák Gábor

A szerkesztés és a kiadás támogatói:

MLog Műszereket Gyártó és Forgalmazó Kft.

MTA Csillagászati Kutatóintézete

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila

Készült a G-PRINT BT. nyomdájában

Felelős vezető: Wilpert Gábor

Terjedelem: 21 ív + 4 oldal melléklet

Példányszám: 4000

2003. október

Tartalom

Bevezető	7
Használati útmutató	8
Jelek és rövidítések	13
A csillagképek latin és magyar neve	14

Táblázatok

Jelenségnaptár	16
A bolygók kelése és nyugvása (ábra)	64
A bolygók adatai	66
A bolygók kitérése a Naptól (ábra)	79
A bolygók ekliptikai koordinátái	80
Julián-dátum táblázat	83
A bolygók elhelyezkedése a Nap körül (ábra)	84
A Nap adatai	86
A Hold adatai	94
Jupiter-holdak	102
Szaturnusz-holdak	111
Kisbolygók	114
Üstökösök	120
2002 üstökösei	124
Meteorrajok	130
Fogyatkozások, fedések	132
A Hold csillagfedései	134
Csillagkatalógus J2004.5-re	137
A Naprendszer újabb holdjai	144

Cikkek

A csillagászat legújabb eredményei	149
KÖVÁRI ZSOLT: Látjuk-e a csillagok felszínét?	198
P. KISS CSABA-ÁBRAHÁM PÉTER: Az infravörös égi háttér	216
PARAGI ZSOLT: Mikrokvázárok	234
CSIZMADIA SZILÁRD: Meteorcsillagászat	249
BABCSÁN GÁBOR: Az amatőr távcsövek optikai teljesítményéről	274

Beszámolók

Magyar Csillagászati Egyesület	296
MTA Csillagászati Kutatóintézete	302
ELTE Csillagászati Tanszéke	311
Szegedi Csillagvizsgáló	315
TIT Budapesti Planetárium	323
Szerzőink	326

A címlapon

A Szaturnusz 2003. március 7-én. A felvétel a Hubble-űrtávcsővel készült, Wide Field Planetary Camera 2 segítségével

A belső borítón

1. A 2003. május 7-i Merkúr-átvonulást országszerte több helyszínen is bemutatták az érdeklődőknek. A legsikeresebb rendezvényt az MCSE Győri Csoportja szervezte. A város főterén több ezer érdeklődő követte figyelemmel a jelenséget

2. A budapesti Iparművészeti Múzeum Az idő hangja című kiállításán számos 16. századi csillagászati órát mutattak be

3. A százhalombattai Matrica Múzeum adott otthont a Csillagok és csillagistenek című archeoasztrolómiai kiállításnak

A hátsó borítón

A svéd naptorony új távcsövével készült nagy felbontású kép egy napfoltról (Megújult svéd naptorony című hírhez)

Bevezető

Az idei kötetben megújult a naptár táblázatban szereplő névnap lista, amely a korábbi években egy interneten fellelhető forrásanyagon alapult. A névnapok időpontja ugyan nem csillagászati adat, de ha már szerepeltetjük az évkönyvben, akkor szeretnénk, hogy ez is lehetőleg pontos és hiteles legyen. A Magyarországon anyakönyvezhető utónevek hivatalos listája LADÓ JÁNOS–BÍRÓ ÁGNES: *Magyar utónévkönyv* című munkájában található, amely a Vince Kiadó gondozásában jelent meg 1998-ban. Megkeresésünkre a Vince Kiadó volt szíves a könyv szövegét digitális formában a rendelkezésünkre bocsátani. A szövegállományból egy e célra fejlesztett programmal névnap-adatbázist állítottunk elő. A naptár táblázat névnap oszlopának szélességét figyelembe véve ebből a teljes adatbázisból egy előfordulási gyakoriságon alapuló válogatást készítettünk. Ez a kiválogatott névnap-adatbázis adja az alapját az új névnap listánknak.

A táblázatos rész végén ebben a kötetben is közlünk egy olyan táblázatot, amely az egyik hírhez kapcsolódik, de egyben a folytatása is egy korábbi években elkezdett táblázatnak. A *Naprendszer újabb holdjai* az előző kötet kiadása óta felfedezett holdak adatait, és a korábban felfedezett, de hivatalosan csak időközben elnevezett holdak nevét tartalmazza.

A Magyar Csillagászati Egyesület honlapján (www.mcse.hu) a *Bemutakozunk* menüpontra, majd a következő lapon a *Kiadványok* alcím alatt az évkönyvet említő sorra kattintva lehet eljutni az évkönyv honlapjára (evkonyv.mcse.hu). Ott az egyesület által kiadott kötetek rövid ismertetője, tartalomjegyzéke és kiadási adatai találhatóak. A látogató a még kapható köteteket meg is rendelheti. A megjelent kötetek tematikusan rendezett, összefoglaló tartalomjegyzéke segíti a hírek, cikkek helyének megtalálását, a célzott információkeresést. A honlapon olvasható anyagot folyamatosan fejlesztjük, bővítjük. A már elfogyott évfolyamok cikkeit és beszámolóit fokozatosan hozzáférhetővé tesszük a honlapon, hogy azok az új érdeklődők is elolvashassák, akiknek jelenleg nincsen módjuk a köteteket megvásárolni.

Használati útmutató

Az évkönyv első felében kaptak helyet a naptári alapadatok, havonkénti csoportosításban: a Nap és a Hold keltének és nyugtának időpontja, a hónap fontosabb csillagászati eseményei, a bolygók láthatósága, a hónap csillagos égboltja. Ezt követik azok az információk, amelyek csillagászati számításokhoz és az amatőr észlelők munkájához szükségesek: a Nap, a Hold és a bolygók koordinátái és fizikai adatai, valamint a különféle segédtablázatok. Végül pedig a speciális észlelési területeken használható előrejelzéseket és adatokat találjuk: fogyatkozásokról, fedésekről, kisbolygókról, meteorrajokról, üstökösökről és egyéb témákról. A tablázatok és adatok Magyarország közepes földrajzi koordinátáira vonatkoznak:

földrajzi hosszúság: $\lambda = +19^{\circ}0$

földrajzi szélesség: $\varphi = +47^{\circ}5$

Minthogy hazánk kiterjedése nem nagy, az évkönyv tablázatai jó közelítéssel használhatók az egész ország területén. A Föld forgásával kapcsolatos időadatoknál a földrajzi hosszúságban mért egy fok különbség 4 időperc eltérést jelent. A kelési, delelési és nyugvási időpontok esetében tehát a 19° hosszúsági körtől keletre fokonként négy perccel le kell vonni a tablázat időadatából, nyugat felé pedig ugyanennyit hozzá kell adni. Pontos észleléseknél természetesen ezeket az eltéréseket megfelelő számításokkal kell figyelembe venni.

Az időpontadatok többsége világidőben (UT) szerepel, az egyéb számértékek pedig általában a megadott napon 0^h UT-re vonatkoznak. Erre a táblázatok fejlécében elhelyezett UT, ill. 0^h UT jelzés is utal.

A naptár rész minden időpontadatát, valamint a bolygók kelési, delelési és nyugvási időpontjait közép-európai időben (KÖZEI) adtuk meg. A tablázatok fejlécében a KÖZEI felirat utal erre. A nyári időszámítás (NYISZ) tartama alatt az érintett időpontadatoknál az óra és a perc közötti csillag (pl. $16^{\circ}33$) és egy lábjegyzet figyelmeztet arra, hogy a KÖZEI-ben megadott értékhez egy órát hozzá kell adni. A nyári időszámítás várhatóan 2004.03.28., vasárnap hajnali 2^h KÖZEI-től (3^h NYISZ) 2004.10.31., vasárnap hajnali 3^h NYISZ-ig (2^h KÖZEI) lesz érvényben.

A helyi csillagidő értékét a naptár rész ϑ_{gr} oszlopából számolhatjuk ki. Ez a szokásos greenwichi csillagidőt tartalmazza 0^h UT-kor, amit 16 perccel megnövelve kapjuk a 19° -os földrajzi hosszúság helyi csillagidejét 0^h KÖZEI-kor. Hozzávetőleges tájékozódásra ehhez elegendő hozzáadni az óránk által muta-

tott időt, és így néhány perc pontossággal meghatározhatjuk a helyi csillagidő pillanatnyi értékét. A nyári időszámítás alatt az így kapott időpontot még egy órával csökkenteni kell. A helyi csillagidő leolvasható a belső bolygók kelését és nyugvását feltüntető ábráról is. Ha nagyobb pontosságra van szükség, a csillagidő értékét a táblázat két szomszédos értéke közötti lineáris interpolációval kapjuk meg. Ehhez még hozzá kell adnunk megfigyelőhelyünk földrajzi hosszúságának megfelelően fokenként 4 perc korrekciót, csak most keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel.

A Nap, a Hold és (a Plútó kivételével) a bolygók egyenlítői koordinátái (RA , D) a pillanatnyi epochára, azaz az égi egyenlítő és a tavaszpont pillanatnyi helyére vonatkoznak. Az égi egyenlítő és a tavaszpont azonban a precesszió miatt elmozdul. Ha tehát pl. az említett koordinátákat csillagtérképre akarjuk vinni, ki kell számolni és figyelembe kell venni a térkép epochája (pl. B1950.0 vagy J2000.0) és a koordináta-adat időpontja közötti időkülönbségnek megfelelő precessziós eltérést.

A Plútó, a kisbolygók és az üstökösök egyenlítői koordinátái J2000.0 epochára szerepelnek, így ezeket egy ilyen jelzésű csillagtérképre közvetlenül át lehet vinni. A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái (λ_e , β) is az ekliptika és a tavaszpont pillanatnyi helyét veszik alapul.

Kelési, illetve nyugvási időpontnak a táblázatokban azt a pillanatot tekintjük, amikor az égitest korongjának felső széle — a légköri refrakció elméleti értékének figyelembevételével — érinti a látóhatárt.

A fázis rovatban szereplő adat azt adja meg, hogyan aránylik az égitest korongjának megvilágított területe a teljes korong területéhez.

A pozíciószög (P) az égi északi iránytól K—D—Ny körüljárással, 0—360°-ig mért szög (bizonyos táblázatokban azonban az észlelési hagyományokat figyelembe véve $\pm 180^\circ$ -ig mérjük). A fényesebb égitest középpontjához viszonyítjuk a halványabbik elhelyezkedését. Az égi északi irányt az égitesten és az égi pólusokon áthaladó főkör jelöli ki, ami általában nem egyezik meg pontosan sem az égitest északi pólusának, sem a terminátor északi végpontjának irányával!

A **naptár** részben minden hónaphoz két oldal táblázat és két oldal képes csillagászati eseménynaptár tartozik. Ezekben minden időadat KÖZEI-ben szerepel. A bal oldali naptártáblázat első oszlopában található a napnak a hónapon belüli sorszáma, a nap nevének rövidítése és a napnak az év első napjától számított sorszáma. A hetek sorszámát az érvényes magyar szabvány szerint adjuk meg. A Nap időadatai mellett szerepel a delelési magassága, valamint az időegyenlítés értéke is. Az időegyenlítés azt adja meg, hogy az időzónánk közepén ($\lambda = 15^\circ$) mennyit tér el a Nap valódi delelési időpontja a zónaidő déli 12 órájától. Minthogy az évkönyv táblázatai a $\lambda = 19^\circ$ földrajzi hosszúságra készültek, a delelési időpont oszlopában látható, hogy a valódi

Nap itt 16 perccel korábban delel, mint az időzóna közepén. A holdfázis grafikus ábrázolása az adott naptári nap délre kerekített érték alapján készült. Mellette olvasható a négy fő holdfázis pontos időpontja.

A jobb oldali táblázatban a Julián-dátum és a greenwichi csillagidő található. Mindkettőnek a csillagászati számításoknál vehetjük hasznát. Az utolsó oszlopban az adott naptári napon ünnepelt névnapok listáját olvashatjuk. A szokásos naptárakban szereplő neveket álló betűkkel, a ritkábban előforduló neveket dőlt betűkkel szedtük. A névnap lista adatainak forrása a Vince Kiadónál megjelent LADÓ-BÍRÓ: *Magyar utónévkönyv*. A táblázat alatt az ismertebb ünnepek, időszámítási és kronológiai információk kaptak helyet.

A képes oldalakon találjuk az esti és a hajnali égbolt látványát bemutató ábrákat. Az esti kép az adott hónap közepén 21^h-kor, a hajnali pedig 3^h-kor ábrázolja az égboltot. Ha a bolygókat nem vesszük figyelembe, a képek segítségével megtudhatjuk, milyen a csillagok, csillagképek elhelyezkedése tetszőleges más időpontban. Az égbolt képe a Föld Nap körüli keringése miatt egy hónap alatt kb. két óra napi forgásnak megfelelő mértékben változik meg. Emiatt egy adott hónap közepén 21^h-kor ugyanolyannak látjuk az égboltot, mint a hónap elején 22^h-kor, az előző hónap közepén 23^h-kor, az előző hónap elején 24^h-kor; illetve az adott hónap végén 20^h-kor, a következő hónap közepén 19^h-kor, a következő hónap végén 18^h-kor és így tovább. Hasonló számítás alapján használhatjuk a hajnali képeket is más hónapokban.

Az égboltot ábrázoló képek alatt az este, illetve hajnalban látható égitestek felsorolása található. Az esti égbolt listáját kiegészítettük néhány olyan nevezetes objektummal is, amelyeket észlelési gyakorlatokhoz vagy távcsöves bemutatás céljára ajánlunk. Ez után a hónap legfontosabb csillagászati eseményeinek felsorolása következik.

A jobb oldalon a bolygók láthatóságára vonatkozó információkat találjuk. Az oldalsó ábra pedig azt mutatja be, milyen látványt nyújtanak a bolygók a hónap közepén, csillagászati távcsőben. A gyorsan változó Merkúrról három rajzot találunk, melyek a hónap 5., 15. és 25. napján ábrázolják a bolygót. Az egységes méretarányban készült rajzokról leolvasható a bolygók látszó mérete, tengelyük iránya, egyenlítőjük és terminátoruk helyzete.

A **bolygók kelését és nyugvását** bemutató ábrákról közelítő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, a navigációs szürkület időtartama és a 19° keleti hosszúságra vonatkozó helyi csillagidő is. A nyári időszámítás alatt ezeknél az ábránál is figyelembe kell venni az egy óra korrekciót!

A **bolygók** táblázataiban a kelés, delelés és nyugvás KÖZEI-ben megadott időpontját (a nyári időszámítás idején itt is * jel figyelmeztet az egy óra hozzáadására), a pillanatnyi egyenlítői koordinátákat, a Földtől mért távolságot,

a látszó fényességet és szögátmérőt, a fázist és a Naptól mért szögtávolságot találjuk. Az erősen lapult óriásbolygóknál a szögátmérő az egyenlítőre vonatkozik. A Szaturnusznál szerepel a gyűrű kistengelyének látszó szögmérete is (a nagytengely mindig a korong átmérőjének 2.26-szorosa). Amikor a gyűrű kistengelyének számértéke negatív, a gyűrű déli oldalára látunk rá. A fizikai adatok mindegyike az adott nap 0^h UT-re érvényes.

A **centrálmeridián** táblázatok adják meg, hogy a bolygó felszíni koordináta-rendszerében melyik hosszúsági kör halad át az adott napon 0^h UT-kor a Földről látott bolygókorong középpontján. A centrálmeridiánnak a megfigyelésünk pillanatában érvényes planetografikus hosszúságát a hosszúságváltozást megadó segédtáblázatokból, interpolációval kaphatjuk meg. A Jupiter nem merev testként forog, ezért esetében az I. rendszer az egyenlítői vidékre, a II. rendszer a mérsékelt éghajlati övnek megfelelő részekre vonatkozik.

Az **Uránusz és Neptunusz keresőterképe** e bolygók megtalálását segíti az égen. A látszó pálya kezdeténél lévő korong mutatja a bolygó átlagos fényességét. A pálya mentén lévő számok a bolygó helyét jelölik a megfelelő sorszámu hónap első napján 0^h UT-kor. A kisebb osztások a hónap elejétől eltelt 5 napos időközöknek felelnek meg.

A **bolygók Naptól való kitérését** feltüntető ábráról leolvasható a kitérés szöge és iránya, valamint hozzávetőleges pontossággal az is, hogy melyik csillagképben halad a bolygó a keresett időpontban.

A **bolygók ekliptikai koordinátái** a pillanatnyi heliocentrikus ekliptikai hosszúságot és szélességet, valamint a bolygók Naptól mért távolságát adják meg. Bár az ekliptika voltaképpen a Föld pályásíkja, a Föld ekliptikai szélessége mégis mutat ívmásodperc nagyságú eltérést a nulla értéktől. Ezt a Hold és a bolygók gravitációs hatása okozza.

A **Julián-dátum** táblázatból tetszőleges időpontra megállapítható a JD értéke, azaz egy megállapodás szerinti (de egyébként önkényesen megválasztott) időponttól, i. e. 4713.01.01. 12^h UT-tól eltelt napok száma. Egy tetszőleges időpontadat JD-re való átszámítását a tizednap segédtáblázat könnyíti meg.

A **bolygók Nap körüli elhelyezkedését** bemutató ábrák a bolygók pálya menti helyzetét mutatják, a Föld típusú bolygók esetében az év egyes hónapjainak kezdetén, az óriásbolygók és a Plútó esetében az egyes évek kezdetén.

A **Nap adatai** között megtaláljuk a pillanatnyi egyenlítői koordinátáit, a Földtől mért távolságát, látszó szögátmérőjét, geocentrikus ekliptikai hosszúságát. Az utolsó oszlopokban a Földről látott napkorong középpontjának a napfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: heliografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Nap forgástengelyének pozíciószöge kapott helyet.

A **Hold adatai** táblázatban a pillanatnyi egyenlítői koordinátái, a Földtől mért távolsága, látszó szögátmérője és fázisa szerepel. Ezt követi a hajnali

terminátor és a holdi egyenlítő metszéspontjának szelenografikus hosszúsága (*colongitudo*), amit az észlelési hagyományoknak megfelelően nyugati irányba, 0° -tól 360° -ig mérünk. A *colongitudo* pillanatnyi értékének meghatározását segítő interpolációs táblázat a 2001-es kötet 154. oldalán található. Az utolsó oszlopokban a Földről látott holdkorong középpontjának a holdfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: szelenografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Hold forgástengelyének pozíciószöge található.

A **Jupiter-holdak** mozgását feltüntető ábráról tetszőleges időpontra leolvasható a holdak elhelyezkedése a bolygó körül. A közepén látható kettős függőleges vonal a bolygókorong méretét jelzi. A táblázatokban a holdak Budapestről megfigyelhető jelenségei szerepelnek.

A **Szaturnusz-holdak** megfigyeléséhez megadjuk a legnagyobb keleti kitérések időpontját UT-ben. A Titan és a Iapetus esetében a nyugati kitérések időpontja is szerepel. A holdak megtalálását ábra könnyíti meg.

A **kisbolygók** táblázataiban az év során látható legfényesebb kisbolygók J2000.0 epochára vonatkozó koordinátáit és látszó fényességét találjuk a legkedvezőbb megfigyelési időszakra.

Az **üstökösök** táblázataiban a J2000.0-re vonatkozó koordináták, a Naptól, illetve a Földtől mért távolság, a Naptól való kitérés szöge és a várható fényesség szerepel. Az összes ismert és sorszámozott periodikus üstökös fontosabb adatait tartalmazó összefoglaló táblázat az 1997-es évkönyvben található.

A **2002. év üstököseiről** készült összeállítás részletes magyarázata a táblázat mellett található.

A **meteorrajok** táblázatában az év során megfigyelhető fontosabb rajok jellemzőit foglaltuk össze.

A **fogyatkozások és fedések** cím alatt olvashatjuk a nap- és holdfogyatkozásoknak, valamint a Hold bolygófedéseinek adatait.

Külön táblázat tartalmazza a **Hold csillagfedéseit**, amelynek részletes magyarázata a táblázat mellett olvasható.

A **csillagkatalógus** elsősorban azok számára készült, akiknek nagy pontosságú koordinátákra van szükségük. A táblázat alapját az FK5 (*Fundamental Katalog 5*) adatai képezik. A -30° deklinációnál északabbra elhelyezkedő és 4^m -nál fényesebb csillagok adatait tartalmazza. A csillagok egyenlítői koordinátái az év közepére vonatkoznak, a pontos epocha a táblázat végén szerepel. A számítás során a precesszió hosszú periódusú tagját és a csillag sajátmozgását vettük figyelembe. A koordináták egy évre eső változása szintén e két mozgás együttes hatását tartalmazza. A sajátmozgás értékek 100 évre vonatkoznak. Végül megtalálható a csillag radiális sebessége, parallaxisa (melynek reciproka a parszekben mért távolságot adja) és vizuális fényessége.

Az idei kötetben is jelenik meg **alkalmi táblázat**, ennek használati útmutatója a táblázat mellett található.

Jelek és rövidítések

Holdfázisok, bolygók

●	újhold
◐	első negyed
◯	holdtölte
◑	utolsó negyed
♂	Merkúr
♀	Vénusz
♂	Mars
♃	Jupiter
♄	Szaturnusz
♅	Uránusz
♆	Neptunusz
♇	Plútó

Állatövi csillagképek

♈	Kos (Aries)
♉	Bika (Taurus)
♊	Ikrek (Gemini)
♋	Rák (Cancer)
♌	Oroszlán (Leo)
♍	Szűz (Virgo)
♎	Mérleg (Libra)
♏	Skorpió (Scorpius)
♐	Kígyótartó (Ophiuchus)
♑	Nyilas (Sagittarius)
♒	Bak (Capricornus)
♓	Vízöntő (Aquarius)
♈	Halak (Pisces)

A táblázatokban használt gyakoribb jelölések

h_d	a Nap delelési magassága	E	a Naptól mért szögtávolság
E_t	időegyenlítés	b	a Szaturnusz gyűrűjének kistengelye
ϑ_{gr}	greenwichi csillagidő	UT	világidő (Universal Time)
λ	földrajzi hosszúság	KÖZEI	közép-európai idő
φ	földrajzi szélesség	NYISZ	nyári időszámítás
RA	rektaszcenzió	JD	Julián-dátum
D	deklináció	$h^m s$	óra, perc, másodperc
λ_e	ekliptikai hosszúság	$^\circ ' ''$	fok, ívperc, ívmásodperc
β	ekliptikai szélesség	AU	csillagászati egység (Astronomical Unit)
r	az égitest távolsága a Naptól	C_N	colongitudo
Δ	az égitest távolsága a Földtől	μ_{RA}	sajátmozgás rektaszcenzióban
\emptyset	látszó szögátmérő	μ_D	sajátmozgás deklinációban
L	a centrálmeridián hosszúsága	v_{rad}	radiális sebesség
B	a centrálmeridián szélessége	π	parallaxis
P	a forgástengely pozíciószöge		
m	látszó fényesség		

A csillagképek latin és magyar neve

röv.	latin név	magyar név	röv.	latin név	magyar név
And	Andromeda	Androméda	Lac	Lacerta	Gyík
Ant	Antlia	Légszivattyú	Leo	Leo	Oroszlán
Aps	Apus	Paradicsommadár	LMi	Leo Minor	Kis Oroszlán
Aqr	Aquarius	Vízöntő	Lep	Lepus	Nyúl
Aql	Aquila	Sas	Lib	Libra	Mérleg
Ara	Ara	Oltár	Lup	Lupus	Farkas
Ari	Aries	Kos	Lyn	Lynx	Hiúz
Aur	Auriga	Szekeres	Lyr	Lyra	Lant
Boo	Bootes	Ökörhajcsár	Men	Mensa	Táblahegy
Cae	Caelum	Véső	Mic	Microscopium	Mikroszkóp
Cam	Camelopardalis	Zsiráf	Mon	Monoceros	Egyszarvú
Cnc	Cancer	Rák	Mus	Musca	Légy
CVn	Canes Venatici	Vadászebek	Nor	Norma	Szögmérő
CMA	Canis Maior	Nagy Kutya	Oct	Octans	Oktáns
CMi	Canis Minor	Kis Kutya	Oph	Ophiuchus	Kígyótartó
Cap	Capricornus	Bak	Ori	Orion	Orion
Car	Carina	Hajógerinc	Pav	Pavo	Páva
Cas	Cassiopeia	Kassziopeia	Peg	Pegasus	Pegazus
Cen	Centaurus	Kentaur	Per	Perseus	Perzeusz
Cep	Cepheus	Cefeusz	Phe	Phoenix	Főnix
Cet	Cetus	Cet	Pic	Pictor	Festő
Cha	Chamaeleon	Kaméleon	Psc	Pisces	Halak
Cir	Circinus	Körző	PsA	Piscis Austrinis	Déli Hal
Col	Columba	Galamb	Pup	Puppis	Hajófara
Com	Coma Berenices	Bereniké haja	Pyx	Pyxis	Tájéoló
CrA	Corona Australis	Déli Korona	Ret	Reticulum	Háló
CrB	Corona Borealis	Északi Korona	Sge	Sagitta	Nyíl
Crv	Corvus	Holló	Sgr	Sagittarius	Nyilas
Crt	Crater	Serleg	Sco	Scorpius	Skorpió
Cru	Crux	Dél Keresztje	Scl	Sculptor	Szobrász
Cyg	Cygnus	Hattyú	Sct	Scutum	Pajzs
Del	Delphinus	Delfin	Ser	Serpens	Kígyó
Dor	Dorado	Aranyhal	Sex	Sextans	Szextáns
Dra	Draco	Sárkány	Tau	Taurus	Bika
Equ	Equuleus	Csikó	Tel	Telescopium	Távcső
Eri	Eridanus	Eridánusz	Tri	Triangulum	Háromszög
For	Fornax	Kemence	TrA	Triang. Australe	Déli Háromszög
Gem	Gemini	Ikrek	Tuc	Tucana	Tukán
Gru	Grus	Daru	UMa	Ursa Maior	Nagy Medve
Her	Hercules	Herkules	UMi	Ursa Minor	Kis Medve
Hor	Horologium	Ingaóra	Vel	Vela	Vitorla
Hya	Hydra	Északi Vízikígyó	Vir	Virgo	Szűz
Hyi	Hydrus	Déli Vízikígyó	Vol	Volans	Repülőhal
Ind	Indus	Indián	Vul	Vulpecula	Kis Róka

Év	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981	1980	1979	1978	1977	1976	1975	1974	1973	1972	1971	1970	1969	1968	1967	1966	1965	1964	1963	1962	1961	1960	1959	1958	1957	1956	1955	1954	1953	1952	1951	1950	1949	1948	1947	1946	1945	1944	1943	1942	1941	1940	1939	1938	1937	1936	1935	1934	1933	1932	1931	1930	1929	1928	1927	1926	1925	1924	1923	1922	1921	1920	1919	1918	1917	1916	1915	1914	1913	1912	1911	1910	1909	1908	1907	1906	1905	1904	1903	1902	1901	1900	1899	1898	1897	1896	1895	1894	1893	1892	1891	1890	1889	1888	1887	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879	1878	1877	1876	1875	1874	1873	1872	1871	1870	1869	1868	1867	1866	1865	1864	1863	1862	1861	1860	1859	1858	1857	1856	1855	1854	1853	1852	1851	1850	1849	1848	1847	1846	1845	1844	1843	1842	1841	1840	1839	1838	1837	1836	1835	1834	1833	1832	1831	1830	1829	1828	1827	1826	1825	1824	1823	1822	1821	1820	1819	1818	1817	1816	1815	1814	1813	1812	1811	1810	1809	1808	1807	1806	1805	1804	1803	1802	1801	1800	1799	1798	1797	1796	1795	1794	1793	1792	1791	1790	1789	1788	1787	1786	1785	1784	1783	1782	1781	1780	1779	1778	1777	1776	1775	1774	1773	1772	1771	1770	1769	1768	1767	1766	1765	1764	1763	1762	1761	1760	1759	1758	1757	1756	1755	1754	1753	1752	1751	1750	1749	1748	1747	1746	1745	1744	1743	1742	1741	1740	1739	1738	1737	1736	1735	1734	1733	1732	1731	1730	1729	1728	1727	1726	1725	1724	1723	1722	1721	1720	1719	1718	1717	1716	1715	1714	1713	1712	1711	1710	1709	1708	1707	1706	1705	1704	1703	1702	1701	1700	1699	1698	1697	1696	1695	1694	1693	1692	1691	1690	1689	1688	1687	1686	1685	1684	1683	1682	1681	1680	1679	1678	1677	1676	1675	1674	1673	1672	1671	1670	1669	1668	1667	1666	1665	1664	1663	1662	1661	1660	1659	1658	1657	1656	1655	1654	1653	1652	1651	1650	1649	1648	1647	1646	1645	1644	1643	1642	1641	1640	1639	1638	1637	1636	1635	1634	1633	1632	1631	1630	1629	1628	1627	1626	1625	1624	1623	1622	1621	1620	1619	1618	1617	1616	1615	1614	1613	1612	1611	1610	1609	1608	1607	1606	1605	1604	1603	1602	1601	1600	1599	1598	1597	1596	1595	1594	1593	1592	1591	1590	1589	1588	1587	1586	1585	1584	1583	1582	1581	1580	1579	1578	1577	1576	1575	1574	1573	1572	1571	1570	1569	1568	1567	1566	1565	1564	1563	1562	1561	1560	1559	1558	1557	1556	1555	1554	1553	1552	1551	1550	1549	1548	1547	1546	1545	1544	1543	1542	1541	1540	1539	1538	1537	1536	1535	1534	1533	1532	1531	1530	1529	1528	1527	1526	1525	1524	1523	1522	1521	1520	1519	1518	1517	1516	1515	1514	1513	1512	1511	1510	1509	1508	1507	1506	1505	1504	1503	1502	1501	1500	1499	1498	1497	1496	1495	1494	1493	1492	1491	1490	1489	1488	1487	1486	1485	1484	1483	1482	1481	1480	1479	1478	1477	1476	1475	1474	1473	1472	1471	1470	1469	1468	1467	1466	1465	1464	1463	1462	1461	1460	1459	1458	1457	1456	1455	1454	1453	1452	1451	1450	1449	1448	1447	1446	1445	1444	1443	1442	1441	1440	1439	1438	1437	1436	1435	1434	1433	1432	1431	1430	1429	1428	1427	1426	1425	1424	1423	1422	1421	1420	1419	1418	1417	1416	1415	1414	1413	1412	1411	1410	1409	1408	1407	1406	1405	1404	1403	1402	1401	1400	1399	1398	1397	1396	1395	1394	1393	1392	1391	1390	1389	1388	1387	1386	1385	1384	1383	1382	1381	1380	1379	1378	1377	1376	1375	1374	1373	1372	1371	1370	1369	1368	1367	1366	1365	1364	1363	1362	1361	1360	1359	1358	1357	1356	1355	1354	1353	1352	1351	1350	1349	1348	1347	1346	1345	1344	1343	1342	1341	1340	1339	1338	1337	1336	1335	1334	1333	1332	1331	1330	1329	1328	1327	1326	1325	1324	1323	1322	1321	1320	1319	1318	1317	1316	1315	1314	1313	1312	1311	1310	1309	1308	1307	1306	1305	1304	1303	1302	1301	1300	1299	1298	1297	1296	1295	1294	1293	1292	1291	1290	1289	1288	1287	1286	1285	1284	1283	1282	1281	1280	1279	1278	1277	1276	1275	1274	1273	1272	1271	1270	1269	1268	1267	1266	1265	1264	1263	1262	1261	1260	1259	1258	1257	1256	1255	1254	1253	1252	1251	1250	1249	1248	1247	1246	1245	1244	1243	1242	1241	1240	1239	1238	1237	1236	1235	1234	1233	1232	1231	1230	1229	1228	1227	1226	1225	1224	1223	1222	1221	1220	1219	1218	1217	1216	1215	1214	1213	1212	1211	1210	1209	1208	1207	1206	1205	1204	1203	1202	1201	1200	1199	1198	1197	1196	1195	1194	1193	1192	1191	1190	1189	1188	1187	1186	1185	1184	1183	1182	1181	1180	1179	1178	1177	1176	1175	1174	1173	1172	1171	1170	1169	1168	1167	1166	1165	1164	1163	1162	1161	1160	1159	1158	1157	1156	1155	1154	1153	1152	1151	1150	1149	1148	1147	1146	1145	1144	1143	1142	1141	1140	1139	1138	1137	1136	1135	1134	1133	1132	1131	1130	1129	1128	1127	1126	1125	1124	1123	1122	1121	1120	1119	1118	1117	1116	1115	1114	1113	1112	1111	1110	1109	1108	1107	1106	1105	1104	1103	1102	1101	1100	1099	1098	1097	1096	1095	1094	1093	1092	1091	1090	1089	1088	1087	1086	1085	1084	1083	1082	1081	1080	1079	1078	1077	1076	1075	1074	1073	1072	1071	1070	1069	1068	1067	1066	1065	1064	1063	1062	1061	1060	1059	1058	1057	1056	1055	1054	1053	1052	1051	1050	1049	1048	1047	1046	1045	1044	1043	1042	1041	1040	1039	1038	1037	1036	1035	1034	1033	1032	1031	1030	1029	1028	1027	1026	1025	1024	1023	1022	1021	1020	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1013	1012	1011	1010	1009	1008	1007	1006	1005	1004	1003	1002	1001	1000	999	998	997	996	995	994	993	992	991	990	989	988	987	986	985	984	983	982	981	980	979	978	977	976	975	974	973	972	971	970	969	968	967	966	965	964	963	962	961	960	959	958	957	956	955	954	953	952	951	950	949	948	947	946	945	944	943	942	941	940	939	938	937	936	935	934	933	932	931	930	929	928	927	926	925	924	923	922	921	920	919	918	917	916	915	914	913	912	911	910	909	908	907	906	905	904	903	902	901	900	899	898	897	896	895	894	893	892	891	890	889	888	887	886	885	884	883	882	881	880	879	878	877	876	875	874	873	872	871	870	869	868	867	866	865	864	863	862	861	860	859	858	857	856	855	854	853	852	851	850	849	848	847	846	845	844	843	842	841	840	839	838	837	836	835	834	833	832	831	830	829	828	827	826	825	824	823	822	821	820	819	818	817	816	815	814	813	812	811	810	809	808	807	806	805	804	803	802	801	800	799	798	797	796	795	794	793	792	791	790	789	788	787	786	785	784	783	782	781	780	779	778	777	776	775	774	773	772	771	770	769	768	767	766	765	764	763	762	761	760	759	758	757	756	755	754	753	752	751	750	749	748	747	746	745	744	743	742	741	740	739	738	737	736	735	734	733	732	731	730	729	728	727	726	725	724	723	722	721	720	719	718	717	716	715	714	713	712	711	710	709	708	707	706	705	704	703	702	701	700	699	698	697	696	695	694	693	692	691	690	689	688	687	686	685	684	683	682	681	680	679	678	677	676	675	674	673	672	671	670	669	668	667	666	665	664	663	662	661	660	659	658	657	656	655	654	653	652	651	650	649	648	647	646	645	644	643	642	641	640	639	638	637	636	635	634	633	632	631	630	629	628	627	626	625	624	623	622	621	620	619	618	617	616	615	614	613	612	611	610	609	608	607	606	605	604	603	602
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47.5$

Naptár – január

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold				fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m				h m	h m	h m		
1. hét											
1. cs 1.	7 32	11 47	16 03	19.4	−3.1		12 18	19 20	1 28	☉	
2. p 2.	7 32	11 48	16 04	19.5	−3.5		12 37	20 02	2 35	☉	
3. sz 3.	7 32	11 48	16 05	19.6	−4.0		12 59	20 47	3 42	☉	
4. v 4.	7 32	11 49	16 06	19.7	−4.5		13 26	21 34	4 49	☉	
2. hét											
5. h 5.	7 32	11 49	16 07	19.8	−4.9		14 00	22 24	5 54	☉	
6. k 6.	7 31	11 50	16 08	19.9	−5.4		14 44	23 16	6 54	☉	
7. sz 7.	7 31	11 50	16 09	20.0	−5.8		15 38	—	7 48	☉	16 40
8. cs 8.	7 31	11 50	16 10	20.1	−6.2		16 41	0 08	8 32	☉	
9. p 9.	7 31	11 51	16 11	20.3	−6.7		17 50	1 00	9 07	☉	
10. sz 10.	7 30	11 51	16 13	20.4	−7.1		19 02	1 50	9 35	☉	
11. v 11.	7 30	11 52	16 14	20.6	−7.5		20 15	2 38	9 58	☉	
3. hét											
12. h 12.	7 29	11 52	16 15	20.7	−7.9		21 28	3 24	10 18	☉	
13. k 13.	7 29	11 52	16 16	20.9	−8.3		22 42	4 09	10 35	☉	
14. sz 14.	7 28	11 53	16 18	21.1	−8.7		23 58	4 55	10 53	☉	
15. cs 15.	7 28	11 53	16 19	21.2	−9.0		—	5 41	11 11	☉	5 46
16. p 16.	7 27	11 54	16 20	21.4	−9.4		1 16	6 30	11 33	☉	
17. sz 17.	7 26	11 54	16 22	21.6	−9.7		2 38	7 24	11 59	☉	
18. v 18.	7 26	11 54	16 23	21.8	−10.1		4 02	8 22	12 34	☉	
4. hét											
19. h 19.	7 25	11 55	16 25	22.0	−10.4		5 24	9 24	13 21	☉	
20. k 20.	7 24	11 55	16 26	22.2	−10.7		6 36	10 29	14 23	☉	
21. sz 21.	7 23	11 55	16 28	22.4	−11.0		7 34	11 34	15 38	☉	22 05
22. cs 22.	7 22	11 55	16 29	22.6	−11.3		8 17	12 35	17 00	☉	
23. p 23.	7 21	11 56	16 30	22.9	−11.6		8 49	13 30	18 22	☉	
24. sz 24.	7 20	11 56	16 32	23.1	−11.8		9 13	14 21	19 41	☉	
25. v 25.	7 19	11 56	16 33	23.3	−12.1		9 33	15 08	20 55	☉	
5. hét											
26. h 26.	7 18	11 56	16 35	23.6	−12.3		9 50	15 51	22 06	☉	
27. k 27.	7 17	11 57	16 37	23.8	−12.5		10 06	16 33	23 14	☉	
28. sz 28.	7 16	11 57	16 38	24.1	−12.7		10 23	17 15	—	☉	
29. cs 29.	7 15	11 57	16 40	24.4	−12.9		10 40	17 58	0 22	☉	7 03
30. p 30.	7 14	11 57	16 41	24.6	−13.1		11 01	18 42	1 29	☉	
31. sz 31.	7 13	11 57	16 43	24.9	−13.3		11 26	19 28	2 37	☉	

január

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 006	6 39 59	Újév; Fruzsina, Aglája, Álmos
2.	2 453 007	6 43 56	Ábel, Ákos, Fanni, Gergely, Gergő, Stefánia
3.	2 453 008	6 47 52	Benjámin, Genovéva, Dzszenifer, Gyöngyvér, Hermina
4.	2 453 009	6 51 49	Leona, Títusz, Angéla, Angelika, Izabella
5.	2 453 010	6 55 45	Simon, Árpád, Ede, Emília, Gáspár
6.	2 453 011	6 59 42	Boldizsár, Gáspár, Menyhért
7.	2 453 012	7 03 38	Attila, Ramóna, Bálint, Melánia, Rajmund, Valentin
8.	2 453 013	7 07 35	Gyöngyvér, Virág
9.	2 453 014	7 11 32	Marcell
10.	2 453 015	7 15 28	Melánia, Vilma, Vilmos
11.	2 453 016	7 19 25	Ágota, Agáta
12.	2 453 017	7 23 21	Ernő, Erna, Ernesztina, Veronika
13.	2 453 018	7 27 18	Veronika, Csongor, Ivett, Judit, Vera
14.	2 453 019	7 31 14	Bódog
15.	2 453 020	7 35 11	Loránd, Lóránt, Alfréd, Pál, Sándor
16.	2 453 021	7 39 07	Gusztáv, Fanni, Henrik, Marcell, Ottó, Stefánia
17.	2 453 022	7 43 04	Antal, Antónia, Leonetta, Roxána
18.	2 453 023	7 47 01	Piroska, Aténé, Beatrix, Margit, Pál
19.	2 453 024	7 50 57	Sára, Márió, Margit, Márta, Sarolta, Veronika
20.	2 453 025	7 54 54	Fábián, Sebestyén, Szabaszián, Tímea
21.	2 453 026	7 58 50	Ágnes
22.	2 453 027	8 02 47	Vince, Artúr, Artemisz, Cintia, Dorián
23.	2 453 028	8 06 43	Zelma, Rajmund, Emese, János, Mária
24.	2 453 029	8 10 40	Timót, Erik, Erika, Ferenc, Vera, Veronika, Xénia
25.	2 453 030	8 14 36	Pál, Henriett, Henrietta, Henrik, Péter
26.	2 453 031	8 18 33	Vanda, Paula, Titanilla
27.	2 453 032	8 22 30	Angelika, Angéla, János
28.	2 453 033	8 26 26	Károly, Karola, Ágnes, Amália, Apollónia, Margit, Péter
29.	2 453 034	8 30 23	Adél, Etelka, Ferenc
30.	2 453 035	8 34 19	Martina, Gerda, Gellért
31.	2 453 036	8 38 16	Marcella, János, Lujza, Péter

6. Vízkereszt.

14. A Julián-naptár szerinti újév napja.

22. A kínai naptár 4641. évének kezdete.

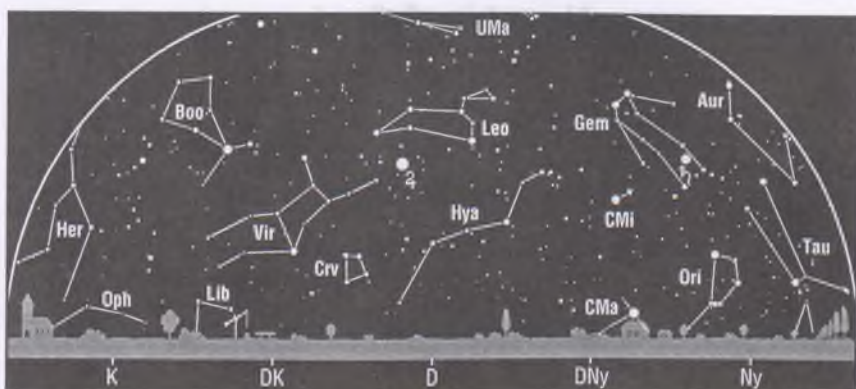


Az esti égbolt

Hold 7-ig és 22-től, Vénusz, Mars, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz a hó első felében.
Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, α CVn, ζ UMa. *Nyílthalmazok:* ι és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbthalmazok:* M15 (Peg), M79 (Lep). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

- 4. 19^h A Föld napközében.
- 7. 01^h A Szaturnusz 4^o6'-kal délre a Holdtól.
- 7. 17^h Telehold.
- 9. 15^h A Ceres szembenállásban.
- 12. 12^h A Jupiter 3^o1'-kal délre a Holdtól.
- 15. 02^h A Vénusz 0^o9'-kal délre az Uránusztól.
- 15. 06^h Utolsó negyed.
- 17. 11^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (24^o).
- 20. 04^h A Merkúr 4^o8'-kal északra a Holdtól.
- 21. 22^h Újhold.
- 23. 22^h Az Uránusz 4^o2'-kal északra a Holdtól.
- 24. 17^h A Vénusz 3^o3'-kal északra a Holdtól.
- 28. 04^h A Mars 2^o4'-kal északra a Holdtól.
- 29. 07^h Első negyed.



A hajnali égbolt

Hold 7-től 20-ig, Merkúr, Jupiter, Quadrantidák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: Hajnalban látható a keleti látóhatár fölött. 17-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 24° -ra a Naptól. Ekkor másfél órával kel a Nap előtt.

Vénusz: Este a nyugati égbolt feltűnő égitestje. A hó elején két és fél órával, végén három és fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m0 , lassan növekszik; fázisa 0.8, lassan csökken.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Halak csillagképben. Éjfél körül nyugszik. A hónap közepén fényessége 0^m5 , átmérője $7''.5$, mindkettő gyorsan csökken.

Jupiter: Éjfél előtt kel. Az éjszaka második felében látható az Oroszlán csillagképben. Fényessége -2^m3 , átmérője $41''$.

Szaturnusz: Csaknem egész éjszaka látható az Ikrek csillagképben. Napkelte előtt nyugszik. Fényessége -0^m4 , átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: A Neptunusz az év első napjaiban, az Uránusz az egész hónap folyamán megkereshető az esti égbolton, de láthatóságuk gyorsan romlik.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – február

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m				h m	h m	h m	
5. hét										
1. v 32.	7 11	11 58	16 44	25.2	−13.4		11 57	20 17	3 43	○
6. hét										
2. h 33.	7 10	11 58	16 46	25.5	−13.6		12 37	21 08	4 45	○
3. k 34.	7 09	11 58	16 47	25.7	−13.7		13 28	22 01	5 41	○
4. sz 35.	7 07	11 58	16 49	26.0	−13.8		14 28	22 53	6 29	○
5. cs 36.	7 06	11 58	16 50	26.3	−13.9		15 37	23 44	7 07	○
6. p 37.	7 05	11 58	16 52	26.6	−14.0		16 49	—	7 38	○ 9 47
7. sz 38.	7 03	11 58	16 54	26.9	−14.1		18 04	0 34	8 02	○
8. v 39.	7 02	11 58	16 55	27.2	−14.1		19 18	1 21	8 23	○
7. hét										
9. h 40.	7 00	11 58	16 57	27.6	−14.2		20 33	2 07	8 41	○
10. k 41.	6 59	11 58	16 58	27.9	−14.2		21 48	2 53	8 59	○
11. sz 42.	6 57	11 58	17 00	28.2	−14.2		23 06	3 39	9 17	○
12. cs 43.	6 56	11 58	17 01	28.5	−14.2		—	4 27	9 37	○
13. p 44.	6 54	11 58	17 03	28.9	−14.2		0 25	5 18	10 01	○ 14 39
14. sz 45.	6 52	11 58	17 05	29.2	−14.2		1 47	6 14	10 32	○
15. v 46.	6 51	11 58	17 06	29.5	−14.2		3 08	7 13	11 12	○
8. hét										
16. h 47.	6 49	11 58	17 08	29.9	−14.1		4 22	8 15	12 07	●
17. k 48.	6 47	11 58	17 09	30.2	−14.1		5 24	9 18	13 15	●
18. sz 49.	6 46	11 58	17 11	30.6	−14.0		6 11	10 19	14 33	●
19. cs 50.	6 44	11 58	17 12	30.9	−13.9		6 47	11 16	15 55	●
20. p 51.	6 42	11 58	17 14	31.3	−13.8		7 14	12 09	17 15	● 10 18
21. sz 52.	6 41	11 58	17 16	31.6	−13.7		7 35	12 57	18 32	●
22. v 53.	6 39	11 58	17 17	32.0	−13.6		7 53	13 42	19 45	●
9. hét										
23. h 54.	6 37	11 57	17 19	32.4	−13.5		8 10	14 26	20 56	●
24. k 55.	6 35	11 57	17 20	32.7	−13.4		8 26	15 08	22 05	●
25. sz 56.	6 33	11 57	17 22	33.1	−13.2		8 43	15 51	23 14	●
26. cs 57.	6 32	11 57	17 23	33.5	−13.1		9 02	16 35	—	●
27. p 58.	6 30	11 57	17 25	33.8	−12.9		9 25	17 21	0 22	●
28. sz 59.	6 28	11 57	17 26	34.2	−12.7		9 54	18 09	1 30	● 4 24
29. v 60.	6 26	11 56	17 28	34.6	−12.6		10 30	18 59	2 34	●

február

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 037	8 42 12	Ignác, <i>Brigitta, Kincső</i>
2.	2 453 038	8 46 09	Karolina, Aida, <i>Johanna, Mária</i>
3.	2 453 039	8 50 05	Balázs, <i>Oszkár</i>
4.	2 453 040	8 54 02	Ráhel, Csenge, <i>András, Andrea, Róbert, Veronika</i>
5.	2 453 041	8 57 59	Ágota, Ingrid, <i>Agáta, Etelka, Kolos</i>
6.	2 453 042	9 01 55	Dorottya, Dóra, <i>Amanda, Dorina, Dorka, Réka</i>
7.	2 453 043	9 05 52	Tódor, Rómeó, <i>Richárd</i>
8.	2 453 044	9 09 48	Aranka, János, <i>Zsaklin</i>
9.	2 453 045	9 13 45	Abigél, Alex, <i>Apollónia, Erik, Erika</i>
10.	2 453 046	9 17 41	Elvira, <i>Ella, Pál, Vilmos</i>
11.	2 453 047	9 21 38	Bertold, Marietta, <i>Dezső, Elek, Mária, Tüanilla</i>
12.	2 453 048	9 25 34	Lívia, Lídia, <i>Lilla</i>
13.	2 453 049	9 29 31	Ella, Linda, <i>Gergely, Gergő, Katalin, Leila, Levente</i>
14.	2 453 050	9 33 28	Bálint, Vaentin
15.	2 453 051	9 37 24	Kolos, Georgina, <i>Alfréd, Gina, Györgyi</i>
16.	2 453 052	9 41 21	Julianna, Lilla, <i>Dániel, Illés, Sámuel</i>
17.	2 453 053	9 45 17	Donát, <i>Alex, Elek</i>
18.	2 453 054	9 49 14	Bernadett, <i>Simon</i>
19.	2 453 055	9 53 10	Zsuzsanna, <i>Eliza, Elizabet</i>
20.	2 453 056	9 57 07	Aladár, Álmos, <i>Elemér, Leona</i>
21.	2 453 057	10 01 03	Eleonóra, <i>György, Leona, Leonóra, Nóra, Péter</i>
22.	2 453 058	10 05 00	Gerzson, <i>Gréta, Margit, Pál, Péter</i>
23.	2 453 059	10 08 57	Alfréd, <i>Ottó, Péter</i>
24.	2 453 060	10 12 53	Szökőnap
25.	2 453 061	10 16 50	Mátyás, <i>Darinka, Hedvig, János</i>
26.	2 453 062	10 20 46	Géza, <i>Vanda</i>
27.	2 453 063	10 24 43	Edina, <i>Alexander, Géza, Győző, Izabella, Sándor, Viktor</i>
28.	2 453 064	10 28 39	Ákos, Bátor, <i>Antigoné, Gábor, László</i>
29.	2 453 065	10 32 36	Elemér, <i>Antónia</i>



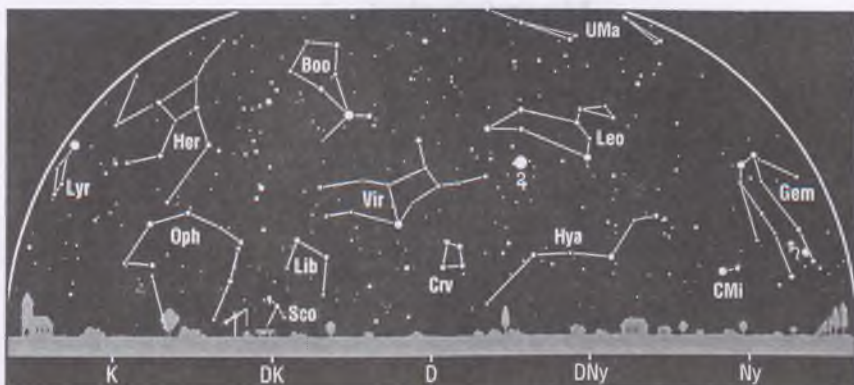
Az esti égbolt

Hold 6-ig és 21-től, Vénusz, Mars, Jupiter késő este, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori, α CVn, ζ UMa. **Nyílthalmazok:** h és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). **Gömbhalmazok:** M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

- 2. 10^h A Neptunusz együttállásban a Nappal.
- 3. 05^h A Szaturnusz 4^h5-kal délre a Holdtól.
- 6. 10^h Telehold.
- 8. 15^h A Jupiter 2^h9-kal délre a Holdtól.
- 13. 15^h Utolsó negyed.
- 15. 10^h A Merkúr 1^h9-kal délre a Neptunusztól.
- 19. 02^h A Neptunusz 5^h0-kal északra a Holdtól.
- 20. 10^h Újhold.
- 22. 03^h Az Uránusz együttállásban a Nappal.
- 23. 20^h A Vénusz 2^h7-kal északra a Holdtól.
- 26. 03^h A Mars 0^h9-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 28. 04^h Első negyed.



A hajnali égbolt

Hold 6-tól 19-ig, Merkúr 20-ig, Jupiter.

A bolygók

Merkúr: A hónap első felében még megkísérelhető észlelése a hajnali szürkületben a keleti látóhatár közelében. Ezután látóhatósága romlik.

Vénusz: Az esti égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején három és fél órával, végén négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m1 , lassan növekszik; fázisa 0.7, lassan csökken.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Kos csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. A hónap közepén fényessége 1^m0 , átmérője $6''.2$, mindkettő csökken.

Jupiter: Késő este kel. Az éjszaka nagy részében megfigyelhető az Oroszlán csillagképben. Fényessége -2^m4 , átmérője $44''$.

Szaturnusz: Az éjszaka nagy részében látható az Ikrek csillagképben. A hajnali órákban nyugszik. Fényessége -0^m2 , átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. A Neptunusz 2-án, az Uránusz 22-én kerül együttállásba a Nappal.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – március

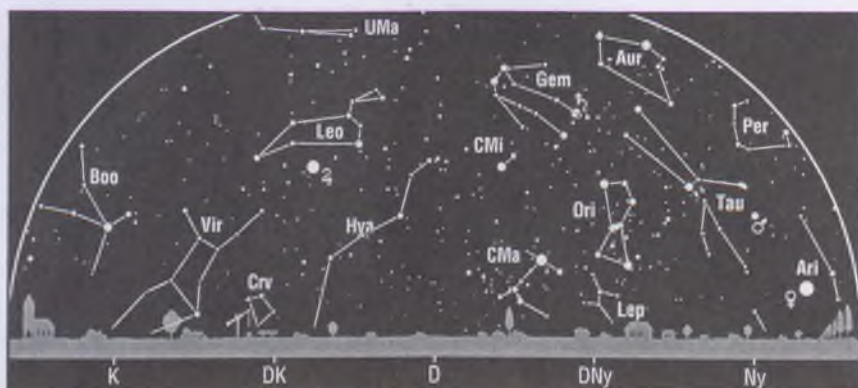
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold				
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	h_d °	E_t m	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	fázis	h m
10. hét										
1. h 61.	6 24	11 56	17 29	35.0	-12.4	11 16	19 51	3 33	☉	
2. k 62.	6 22	11 56	17 31	35.4	-12.2	12 13	20 43	4 24	☉	
3. sz 63.	6 20	11 56	17 32	35.7	-12.0	13 18	21 35	5 05	☉	
4. cs 64.	6 18	11 56	17 34	36.1	-11.8	14 30	22 25	5 38	☉	
5. p 65.	6 16	11 55	17 35	36.5	-11.5	15 45	23 14	6 05	☉	
6. sz 66.	6 15	11 55	17 37	36.9	-11.3	17 00	—	6 27	☉	
7. v 67.	6 13	11 55	17 38	37.3	-11.1	18 17	0 01	6 46	☉	0 14
11. hét										
8. h 68.	6 11	11 55	17 40	37.7	-10.8	19 34	0 48	7 04	☉	
9. k 69.	6 09	11 54	17 41	38.1	-10.6	20 53	1 35	7 22	☉	
10. sz 70.	6 07	11 54	17 43	38.5	-10.3	22 14	2 24	7 41	☉	
11. cs 71.	6 05	11 54	17 44	38.9	-10.0	23 36	3 15	8 04	☉	
12. p 72.	6 03	11 54	17 45	39.2	-9.8	—	4 09	8 33	☉	
13. sz 73.	6 01	11 53	17 47	39.6	-9.5	0 58	5 07	9 10	☉	22 01
14. v 74.	5 59	11 53	17 48	40.0	-9.2	2 15	6 08	10 00	☉	
12. hét										
15. h 75.	5 57	11 53	17 50	40.4	-9.0	3 19	7 10	11 03	☉	
16. k 76.	5 55	11 53	17 51	40.8	-8.7	4 10	8 11	12 16	☉	
17. sz 77.	5 53	11 52	17 53	41.2	-8.4	4 48	9 08	13 35	☉	
18. cs 78.	5 51	11 52	17 54	41.6	-8.1	5 17	10 00	14 55	☉	
19. p 79.	5 49	11 52	17 56	42.0	-7.8	5 39	10 49	16 12	☉	
20. sz 80.	5 47	11 51	17 57	42.4	-7.5	5 58	11 35	17 25	☉	23 41
21. v 81.	5 45	11 51	17 58	42.8	-7.2	6 14	12 19	18 37	☉	
13. hét										
22. h 82.	5 43	11 51	18 00	43.2	-6.9	6 30	13 02	19 47	☉	
23. k 83.	5 41	11 50	18 01	43.6	-6.6	6 47	13 44	20 57	☉	
24. sz 84.	5 39	11 50	18 03	44.0	-6.3	7 05	14 28	22 06	☉	
25. cs 85.	5 37	11 50	18 04	44.4	-6.0	7 26	15 13	23 15	☉	
26. p 86.	5 35	11 50	18 06	44.7	-5.7	7 52	16 01	—	☉	
27. sz 87.	5 33	11 49	18 07	45.1	-5.4	8 25	16 50	0 21	☉	
28. v 88.	5*31	11*49	18*08	45.5	-5.1	9*07	17*41	1 23	☉	
14. hét										
29. h 89.	5*29	11*49	18*10	45.9	-4.8	9*58	18*33	2*17	☉	0*48
30. k 90.	5*27	11*48	18*11	46.3	-4.5	11*00	19*24	3*02	☉	
31. sz 91.	5*24	11*48	18*13	46.7	-4.2	12*08	20*15	3*38	☉	

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

március

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 066	10 36 32	Albin, Dávid
2.	2 453 067	10 40 29	Lujza, Henriett, Henrietta, Henrik, Károly
3.	2 453 068	10 44 26	Kornélia, Frigyes, Irma, Kamilla, Oszkár
4.	2 453 069	10 48 22	Kázmér, Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Zorán
5.	2 453 070	10 52 19	Adorján, Adrián, Adriána, Adrienn, Olivér, Olívia
6.	2 453 071	10 56 15	Leonóra, Inez, Ágnes, Elvira
7.	2 453 072	11 00 12	Tamás
8.	2 453 073	11 04 08	Zoltán, Apollónia, Beáta, János
9.	2 453 074	11 08 05	Franciska, Fanni, Gergely, György, Katalin, Rebeka
10.	2 453 075	11 12 01	Ildikó, Anasztázia, Ede, Emil, Kamilla, Kolos, Melitta
11.	2 453 076	11 15 58	Szilárd, Aladár, Borsika, Terézia, Tímea
12.	2 453 077	11 19 55	Gergely, Gergő, György
13.	2 453 078	11 23 51	Krisztián, Ajtony, Arabella, Ida, Rozina, Zoltán
14.	2 453 079	11 27 48	Matild
15.	2 453 080	11 31 44	Nemzeti ünnep ; Kristóf, Krisztofer, Lujza, Lukrécia
16.	2 453 081	11 35 41	Henrietta, Ábris, Bálint, Henrik, Valentin
17.	2 453 082	11 39 37	Gertrúd, Patrik, József
18.	2 453 083	11 43 34	Sándor, Ede, Alexa, Alexander, Alexandra, Nárcisz
19.	2 453 084	11 47 30	József, Bánk
20.	2 453 085	11 51 27	Klaudia, Alexa, Alexandra, Irma
21.	2 453 086	11 55 24	Benedek, Bence, Gergely, Gergő, Miklós, Nikolett
22.	2 453 087	11 59 20	Beáta, Izolda, Csilla, Katalin, Lea, Lia
23.	2 453 088	12 03 17	Emőke, Ottó
24.	2 453 089	12 07 13	Gábor, Karina, Ella, Gabriella, Katalin
25.	2 453 090	12 11 10	Irén, Irisz, Irina, Kristóf, Lúcia, Mária
26.	2 453 091	12 15 06	Emánuel, Dusan, Leonóra
27.	2 453 092	12 19 03	Hajnalka, Augusztá, Augusztina, János, Lidia
28.	2 453 093	12 22 59	Gedeon, Johanna, Hanna, János, Maja
29.	2 453 094	12 26 56	Augusztá, Augusztina
30.	2 453 095	12 30 53	Zalán
31.	2 453 096	12 34 49	Árpád, Ákos, Benjámin, Johanna, Kornélia



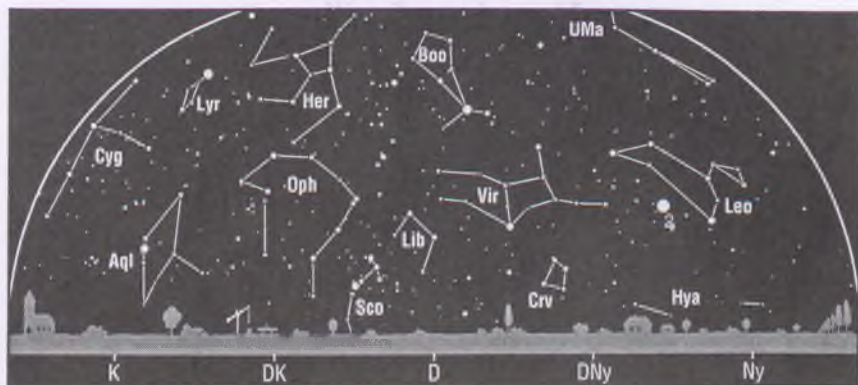
Az esti égbolt

Hold 6-ig és 21-től, Merkúr 14-től, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz. Virginidák meteororraj.

Kettőscsillagok: σ Ori, α CVn, ζ UMa. *Nyílthalmazok:* η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 11^h A Szaturnusz 4^o6-kal délre a Holdtól.
4. 03^h A Merkúr felső együttállásban.
4. 06^h A Jupiter szembenállásban.
6. 17^h A Jupiter 2^o9-kal délre a Holdtól.
7. 00^h Telehold.
13. 22^h Utolsó negyed.
17. 10^h A Neptunusz 5^o1-kal északra a Holdtól.
18. 21^h Az Uránusz 4^o0-kal északra a Holdtól.
20. 07^m 49^m Tavaszi napéjegyenlőség.
21. 00^h Újhold.
22. 06^h A Merkúr 3^o2-kal északra a Holdtól.
24. 22^h A Vénusz 2^o1-kal északra a Holdtól.
26. 01^h A Mars 0^o7-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
28. 20^h* A Szaturnusz 4^o7-kal délre a Holdtól.
29. 01^h* Első negyed.
29. 13^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (19^o).
29. 18^h* A Vénusz legnagyobb keleti kitérésben (46^o).



A hajnali égbolt

Hold 6-tól 19-ig.

A bolygók

Merkúr: 4-én van felső együttállásban a Nappal. Ezután esti láthatósága gyorsan javul. Este látható a nyugati látóhatár fölött. A hónap második felében helyzete megfigyelésre már igen kedvező. Az év folyamán ez a bolygó legkedvezőbb esti láthatósága. 29-én van legnagyobb keleti kitérésben, 19° -ra a Naptól. Ekkor csaknem két órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Az esti égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó folyamán négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m2 -ről -4^m4 -ra növekszik; fázisa 0.7-ről 0.5-re csökken. 29-én van legnagyobb keleti kitérésben, 46° -ra a Naptól.

Mars: Az éjszaka első felében látható a Kos, majd a Bika csillagképben. Éjfél előtt nyugszik. A hónap közepén fényessége 1^m2 , átmérője $5''.2$, mindkettő csökken.

Jupiter: Egész éjszaka látható az Oroszlán csillagképben. 4-én kerül szembenállásba a Nappal. Fényessége -2^m5 , átmérője $44''$.

Szaturnusz: Az éjszaka nagy részében látható az Ikrek csillagképben. A kora hajnali órákban nyugszik. Fényessége 0^m0 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhetők meg.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – április

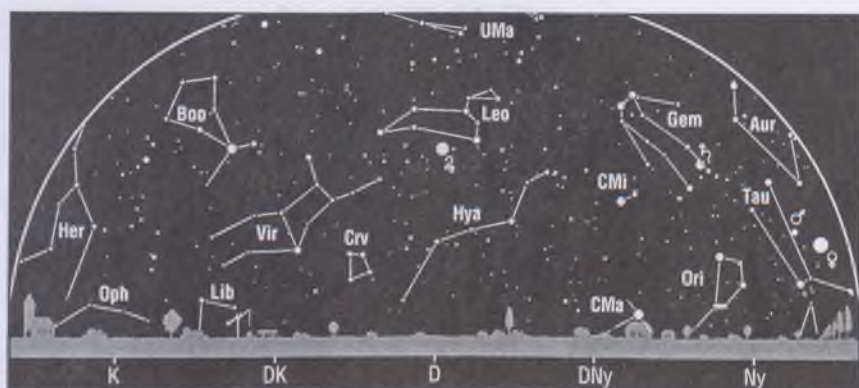
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold				fázis
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_l	kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m		h m
14. hét										
1. cs 92.	5*22	11*48	18*14	47.1	-3.9	13*21	21*03	4*06	○	
2. p 93.	5*20	11*47	18*15	47.5	-3.6	14*36	21*51	4*30	○	
3. sz 94.	5*18	11*47	18*17	47.9	-3.3	15*53	22*38	4*50	○	
4. v 95.	5*17	11*47	18*18	48.2	-3.0	17*10	23*26	5*08	○	
15. hét										
5. h 96.	5*15	11*47	18*20	48.6	-2.7	18*30	—	5*26	○	12*03
6. k 97.	5*13	11*46	18*21	49.0	-2.5	19*52	0*14	5*45	○	
7. sz 98.	5*11	11*46	18*22	49.4	-2.2	21*18	1*06	6*06	○	
8. cs 99.	5*09	11*46	18*24	49.7	-1.9	22*43	2*00	6*33	○	
9. p 100.	5*07	11*45	18*25	50.1	-1.6	—	2*59	7*08	○	
10. sz 101.	5*05	11*45	18*27	50.5	-1.3	0*04	4*01	7*54	○	
11. v 102.	5*03	11*45	18*28	50.9	-1.1	1*15	5*04	8*54	○	
16. hét										
12. h 103.	5*01	11*45	18*29	51.2	-0.8	2*10	6*06	10*06	●	4*46
13. k 104.	4*59	11*44	18*31	51.6	-0.6	2*51	7*04	11*23	●	
14. sz 105.	4*57	11*44	18*32	52.0	-0.3	3*22	7*57	12*42	●	
15. cs 106.	4*55	11*44	18*34	52.3	-0.1	3*45	8*46	13*58	●	
16. p 107.	4*53	11*44	18*35	52.7	+0.2	4*04	9*32	15*12	●	
17. sz 108.	4*51	11*43	18*37	53.0	+0.4	4*21	10*15	16*23	●	
18. v 109.	4*50	11*43	18*38	53.4	+0.6	4*37	10*58	17*33	●	
17. hét										
19. h 110.	4*48	11*43	18*39	53.7	+0.9	4*52	11*40	18*42	●	14*21
20. k 111.	4*46	11*43	18*41	54.0	+1.1	5*09	12*23	19*52	●	
21. sz 112.	4*44	11*43	18*42	54.4	+1.3	5*29	13*08	21*01	●	
22. cs 113.	4*42	11*42	18*44	54.7	+1.5	5*53	13*54	22*09	●	
23. p 114.	4*41	11*42	18*45	55.1	+1.7	6*23	14*43	23*13	●	
24. sz 115.	4*39	11*42	18*46	55.4	+1.8	7*01	15*34	—	●	
25. v 116.	4*37	11*42	18*48	55.7	+2.0	7*49	16*25	0*10	●	
18. hét										
26. h 117.	4*35	11*42	18*49	56.0	+2.2	8*46	17*16	0*58	●	
27. k 118.	4*34	11*42	18*51	56.4	+2.3	9*51	18*06	1*37	●	18*32
28. sz 119.	4*32	11*41	18*52	56.7	+2.5	11*01	18*54	2*07	○	
29. cs 120.	4*30	11*41	18*53	57.0	+2.6	12*13	19*41	2*32	○	
30. p 121.	4*29	11*41	18*55	57.3	+2.8	13*28	20*27	2*53	○	

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

április

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 097	12 38 46	Hugó, Pál
2.	2 453 098	12 42 42	Áron, Ferenc, Mária, Tünde
3.	2 453 099	12 46 39	Buda, Richárd, Irén, Irina
4.	2 453 100	12 50 35	Izidor
5.	2 453 101	12 54 32	Vince, Irén, Irina, Julianna, Teodóra
6.	2 453 102	12 58 28	Vilmos, Biborka, Dénes
7.	2 453 103	13 02 25	Herman, Armand, Armin, Árpád, József, Mária
8.	2 453 104	13 06 22	Dénes, Júlia, Valter
9.	2 453 105	13 10 18	Erhard, Dusan, Vince
10.	2 453 106	13 14 15	Zsolt
11.	2 453 107	13 18 11	Húsvét; Leó, Szaniszló, Ariel, Glória, Leona
12.	2 453 108	13 22 08	Húsvét; Gyula, Csaba, Csanád, Szilárd
13.	2 453 109	13 26 04	Ida, Hermina, Martin, Márton
14.	2 453 110	13 30 01	Tibor, Benedek, Gusztáv, Lidia
15.	2 453 111	13 33 57	Anasztázia, Tas
16.	2 453 112	13 37 54	Csongor, Benedek, Bernadett, Enikő, József
17.	2 453 113	13 41 51	Rudolf, Anasztázia, Árnika, Csongor, Klára, Rezső
18.	2 453 114	13 45 47	Andrea, Ilma, Aladár, Hermina
19.	2 453 115	13 49 44	Emma, Malvin
20.	2 453 116	13 53 40	Tivadar, Aladár, Odett, Tihamér
21.	2 453 117	13 57 37	Konrád, Zsombor
22.	2 453 118	14 01 33	Csilla, Noémi
23.	2 453 119	14 05 30	Béla, Albert, Gellért, György, Ilona, Sándor
24.	2 453 120	14 09 26	György, Csaba, Debóra, Györgyi, Hunor, Melitta, Simon
25.	2 453 121	14 13 23	Márk, Ervin
26.	2 453 122	14 17 20	Ervin, Marcell, Mária, Tihamér
27.	2 453 123	14 21 16	Zita, Mariann, Marianna, Péter
28.	2 453 124	14 25 13	Valéria, Dorisz, Pál, Patrícia, Patrik, Teodóra
29.	2 453 125	14 29 09	Péter, Antónia, Kata, Katalin, Róbert, Roberta, Tihamér
30.	2 453 126	14 33 06	Katalin, Kitty, Hilda, Ildikó, Mariann, Tivadar, Zsófia



Az esti égbolt

Hold 5-ig és 20-tól, Merkúr 9-ig, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa. *Nyílthalmazok:* M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem), M50 (Mon), M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbthalmazok:* M3 (CVn), M13 (Her), M92 (Her). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

- 2. 20^h* A Jupiter 3^o.1-kal délre a Holdtól.
- 5. 12^h* Telehold.
- 12. 05^h* Utolsó negyed.
- 13. 17^h* A Neptunusz 5^o.2-kal északra a Holdtól.
- 15. 05^h* Az Uránusz 4^o.0-kal északra a Holdtól.
- 17. 02^h* A Merkúr alsó együttállásban.
- 19. 14^h* Újhold, részleges napfogyatkozás (hazánkból nem látható).
- 23. 11^h* A Vénusz 1^o.5-kal északra a Holdtól.
- 23. 22^h* A Mars 2^o.2-kal délre a Holdtól.
- 25. 07^h* A Szaturnusz 4^o.8-kal délre a Holdtól.
- 27. 19^h* Első negyed.
- 30. 03^h* A Jupiter 3^o.3-kal délre a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 5-től 18-ig, Merkúr 25-től, Uránusz, Neptunusz. Áprilisi Lyridák meteororraj.

A bolygók

Merkúr: A hónap első napjaiban még megfigyelhető az esti égbolton, a nyugati látóhatár közelében. Ezután láthatósága gyorsan romlik. 17-én kerül alsó együttállásba a Nappal.

Vénusz: Az esti égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó nagy részében négy órával nyugszik a Nap után. Fényessége -4^m4 -ről -4^m5 -re növekszik; fázisa 0.5-ről 0.3-re csökken.

Mars: Az esti órákban látható a Bika csillagképben. Éjfél előtt egy órával nyugszik. A hónap közepén fényessége 1^m5 , átmérője $4''.6$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az éjszaka nagy részében megfigyelhető az Oroszlán csillagképben. Kora hajnalban nyugszik. Fényessége -2^m4 , átmérője $42''$.

Szaturnusz: Az éjszaka első felében látható az Ikrek csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Hajnalban kelnek, helyzetük megfigyelésre nem kedvező.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – május

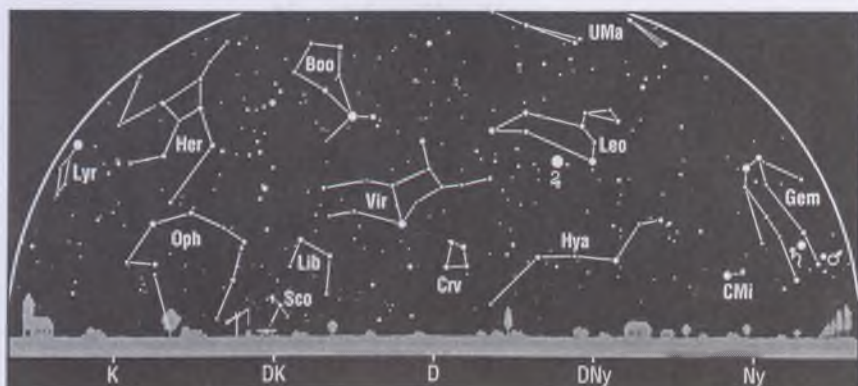
KÖZEI*

dátum	Nap					Hold			
	kel h m	delel h m	nyugszik h m	h_d °	E_t m	kel h m	delel h m	nyugszik h m	fázis h m
18. hét									
1. sz 122.	4*27	11*41	18*56	57.6	+2.9	14*43	21*14	3*11	○
2. v 123.	4*25	11*41	18*57	57.9	+3.0	16*01	22*01	3*29	○
19. hét									
3. h 124.	4*24	11*41	18*59	58.2	+3.1	17*22	22*51	3*47	○
4. k 125.	4*22	11*41	19*00	58.5	+3.2	18*48	23*45	4*07	○ 21*33
5. sz 126.	4*21	11*41	19*02	58.8	+3.3	20*16	—	4*31	○
6. cs 127.	4*19	11*41	19*03	59.1	+3.4	21*43	0*44	5*02	○
7. p 128.	4*18	11*41	19*04	59.3	+3.5	23*01	1*47	5*45	○
8. sz 129.	4*16	11*40	19*06	59.6	+3.5	—	2*52	6*41	○
9. v 130.	4*15	11*40	19*07	59.9	+3.6	0*05	3*56	7*51	○
20. hét									
10. h 131.	4*13	11*40	19*08	60.2	+3.6	0*52	4*58	9*10	● 12*04
11. k 132.	4*12	11*40	19*10	60.4	+3.7	1*26	5*54	10*30	●
12. sz 133.	4*11	11*40	19*11	60.7	+3.7	1*52	6*44	11*48	●
13. cs 134.	4*09	11*40	19*12	60.9	+3.7	2*12	7*31	13*03	●
14. p 135.	4*08	11*40	19*13	61.2	+3.7	2*29	8*15	14*14	●
15. sz 136.	4*07	11*40	19*15	61.4	+3.7	2*44	8*57	15*23	●
16. v 137.	4*06	11*40	19*16	61.6	+3.7	3*00	9*38	16*32	●
21. hét									
17. h 138.	4*04	11*40	19*17	61.9	+3.6	3*16	10*21	17*40	●
18. k 139.	4*03	11*40	19*18	62.1	+3.6	3*34	11*04	18*49	●
19. sz 140.	4*02	11*40	19*20	62.3	+3.6	3*57	11*50	19*58	● 5*52
20. cs 141.	4*01	11*41	19*21	62.5	+3.5	4*24	12*38	21*03	●
21. p 142.	4*00	11*41	19*22	62.7	+3.4	4*59	13*28	22*03	●
22. sz 143.	3*59	11*41	19*23	62.9	+3.4	5*43	14*19	22*54	●
23. v 144.	3*58	11*41	19*24	63.1	+3.3	6*37	15*10	23*36	●
22. hét									
24. h 145.	3*57	11*41	19*25	63.3	+3.2	7*39	16*00	—	●
25. k 146.	3*56	11*41	19*26	63.5	+3.1	8*47	16*48	0*09	●
26. sz 147.	3*55	11*41	19*28	63.6	+3.0	9*57	17*35	0*35	●
27. cs 148.	3*54	11*41	19*29	63.8	+2.9	11*09	18*20	0*57	● 8*57
28. p 149.	3*54	11*41	19*30	64.0	+2.8	12*22	19*05	1*15	○
29. sz 150.	3*53	11*41	19*31	64.1	+2.6	13*36	19*50	1*33	○
30. v 151.	3*52	11*42	19*32	64.3	+2.5	14*53	20*37	1*50	○
23. hét									
31. h 152.	3*51	11*42	19*33	64.4	+2.4	16*15	21*28	2*08	○

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

május

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 127	14 37 02	A munka ünnepe; Fülöp, Jakab, <i>Benedek, Berta, József</i>
2.	2 453 128	14 40 59	Zsigmond, <i>Ráhel</i>
3.	2 453 129	14 44 55	Tímea, Irma, <i>Antónia, Jakab, Sándor, Viola, Zsakin</i>
4.	2 453 130	14 48 52	Mónika, Flórián, <i>Amália, Antónia, László</i>
5.	2 453 131	14 52 49	Györgyi, <i>Erna, Irén, Irina, Judit, Viola</i>
6.	2 453 132	14 56 45	Ivett, Frida, <i>Ditta, Friderika, Ida, János, Judit, Tamara</i>
7.	2 453 133	15 00 42	Gizella, <i>Dalma</i>
8.	2 453 134	15 04 38	Mihály, Géza, <i>Győző, Péter</i>
9.	2 453 135	15 08 35	Gergely, <i>Édua, Gergő, György, Karola, Kristóf, Sarolta</i>
10.	2 453 136	15 12 31	Ármin, Pálma, <i>Antónia, Armand, Míra</i>
11.	2 453 137	15 16 28	Ferenc, <i>Jakab</i>
12.	2 453 138	15 20 24	Pongrácz, <i>Dalma, Gyöngyi, Johanna, Viktor</i>
13.	2 453 139	15 24 21	Szervác, Imola, <i>Fatima, Gellért, Glória, Róbert, Roberta</i>
14.	2 453 140	15 28 18	Bonifác, <i>Aglája, Gyöngyi, Julianna</i>
15.	2 453 141	15 32 14	Zsófia, Szonja, <i>Döníz, Izóra, János</i>
16.	2 453 142	15 36 11	Mózes, Botond, <i>János, Simon</i>
17.	2 453 143	15 40 07	Paszkál, <i>Andor</i>
18.	2 453 144	15 44 04	Erik, Alexandra, <i>Erika, Kamilla, Klaudia, Szandra</i>
19.	2 453 145	15 48 00	Ivó, Milán
20.	2 453 146	15 51 57	Bernát, Felícia, <i>Hanna, Johanna</i>
21.	2 453 147	15 55 53	Konstantin, <i>András, Mirella</i>
22.	2 453 148	15 59 50	Júlia, Rita, <i>Emil, Julianna, Renáta</i>
23.	2 453 149	16 03 47	Dezső, <i>Renáta, Vilmos</i>
24.	2 453 150	16 07 43	Eszter, Eliza, <i>Mária, Simon, Szimonetta, Vince, Zsófia</i>
25.	2 453 151	16 11 40	Orbán, <i>Gergely, Gergő, György, Magdolna, Márk</i>
26.	2 453 152	16 15 36	Fülöp, Evelin, <i>Aladár, Gyöngyvér</i>
27.	2 453 153	16 19 33	Hella, <i>Ágoston, Gyula</i>
28.	2 453 154	16 23 29	Emil, Csanád, <i>Ágoston, Vilma, Vilmos</i>
29.	2 453 155	16 27 26	Magdolna, <i>Mária</i>
30.	2 453 156	16 31 22	Pünkösöd; Janka, Zsanett, <i>Dezső, Hanna, Nándor</i>
31.	2 453 157	16 35 19	Pünkösöd; Angéla, Petronella, <i>Mária, Matild</i>



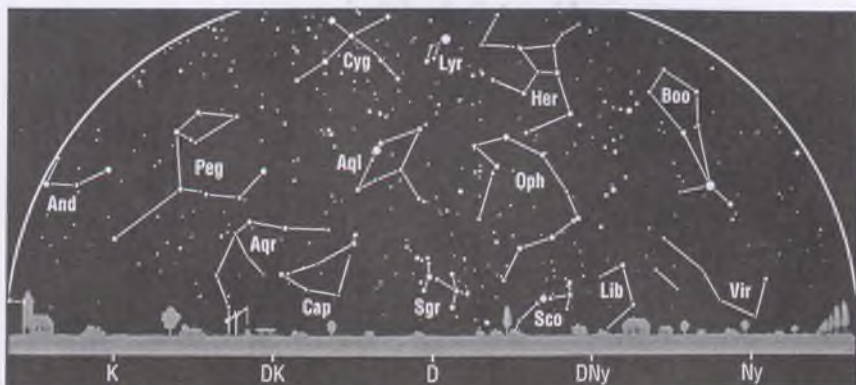
Az esti égbolt

Hold 4-ig és 20-tól, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser. *Nyílthalmazok:* M44 (Praesepe, Cnc), M67 (Cnc). *Gömbthalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). *Gáz-ködök:* M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

- 2. 09^h* A Vénusz legnagyobb fényességben (-4^m5).
- 4. 22^h* Telehold, teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható.
- 10. 23^h* A Neptunusz 5'2"-kal északra a Holdtól.
- 11. 12^h* Utolsó negyed.
- 12. 13^h* Az Uránusz 4'0"-kal északra a Holdtól.
- 12. 23^h* A Vesta 1'1"-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 14. 22^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (26").
- 17. 00^h* A Merkúr 2'4"-kal délre a Holdtól.
- 19. 06^h* Újhold.
- 21. 13^h* A Vénusz 0'3"-kal délre a Holdtól, fedés, hazánkból is látható.
- 22. 17^h* A Mars 3'2"-kal délre a Holdtól.
- 22. 19^h* A Szaturnusz 4'9"-kal délre a Holdtól.
- 25. 00^h* A Mars 1'6"-kal északra a Szaturnusztól.
- 27. 09^h* Első negyed.
- 27. 13^h* A Jupiter 3'3"-kal délre a Holdtól.



A hajnali égbolt

Hold 4-től 18-ig, Merkúr, Uránusz, Neptunusz. Éta Aquaridák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: A hajnali szürkületben kereshető meg a keleti látóhatár fölött. Helyzete megfigyelésre nem kedvező. 14-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 26° -ra a Naptól, de ekkor is csak mintegy fél órával kel a Nap előtt.

Vénusz: A hó nagy részében még a nyugati égbolt feltűnő égitestje, május legvégén azonban láthatósága gyorsan romlani kezd. A hó elején még négy órával, végén már csak egy órával nyugszik a Nap után. 2-án éri el alsó együttállás előtti legnagyobb fényességét. Ezután fényessége -4^m5 -ről -4^m1 -ra, fázisa 0.3-ról 0-ra csökken.

Mars: Az esti órákban látható a Bika, majd az Ikrek csillagképben. Éjfél előtt másfél órával nyugszik. Fényessége 1^m7 , átmérője $4''.2$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az éjszaka első felében figyelhető meg az Oroszlán csillagképben. Éjfél után nyugszik. Fényessége -2^m1 , átmérője $39''$.

Szaturnusz: Az esti órákban látható az Ikrek csillagképben. Késő este nyugszik. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Éjfél után kelnek. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható a hajnali égen.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – június

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, delel, nyugszik h m h m h m					kel, delel, nyugszik h m h m h m			
23. hét									
1. k 153.	3*51 11*42 19*33	64.6	+2.2	17*41 22*24 2*29	○				
2. sz 154.	3*50 11*42 19*34	64.7	+2.1	19*10 23*25 2*57	○				
3. cs 155.	3*50 11*42 19*35	64.8	+1.9	20*35 — 3*33	○	5*19			
4. p 156.	3*49 11*42 19*36	64.9	+1.7	21*48 0*31 4*24	○				
5. sz 157.	3*49 11*43 19*37	65.1	+1.6	22*45 1*39 5*30	○				
6. v 158.	3*48 11*43 19*38	65.2	+1.4	23*25 2*44 6*49	○				
24. hét									
7. h 159.	3*48 11*43 19*38	65.3	+1.2	23*55 3*44 8*12	○				
8. k 160.	3*47 11*43 19*39	65.3	+1.0	— 4*39 9*34	○				
9. sz 161.	3*47 11*43 19*40	65.4	+0.8	0*17 5*28 10*51	○	21*02			
10. cs 162.	3*47 11*43 19*40	65.5	+0.6	0*35 6*13 12*04	○				
11. p 163.	3*47 11*44 19*41	65.6	+0.4	0*52 6*56 13*15	○				
12. sz 164.	3*46 11*44 19*42	65.7	+0.2	1*07 7*38 14*23	○				
13. v 165.	3*46 11*44 19*42	65.7	+0.0	1*23 8*20 15*32	○				
25. hét									
14. h 166.	3*46 11*44 19*43	65.8	-0.2	1*41 9*03 16*40	○				
15. k 167.	3*46 11*45 19*43	65.8	-0.4	2*01 9*48 17*48	○				
16. sz 168.	3*46 11*45 19*43	65.8	-0.6	2*27 10*35 18*55	○				
17. cs 169.	3*46 11*45 19*44	65.9	-0.9	2*59 11*24 19*56	○	21*27			
18. p 170.	3*46 11*45 19*44	65.9	-1.1	3*41 12*15 20*51	○				
19. sz 171.	3*46 11*45 19*44	65.9	-1.3	4*32 13*06 21*35	○				
20. v 172.	3*47 11*46 19*45	65.9	-1.5	5*32 13*57 22*11	○				
26. hét									
21. h 173.	3*47 11*46 19*45	65.9	-1.7	6*38 14*45 22*39	○				
22. k 174.	3*47 11*46 19*45	65.9	-1.9	7*47 15*32 23*02	○				
23. sz 175.	3*47 11*46 19*45	65.9	-2.2	8*57 16*17 23*21	○				
24. cs 176.	3*48 11*46 19*45	65.9	-2.4	10*08 17*00 23*38	○				
25. p 177.	3*48 11*47 19*45	65.9	-2.6	11*20 17*44 23*54	○	20*08			
26. sz 178.	3*48 11*47 19*45	65.8	-2.8	12*33 18*29 —	○				
27. v 179.	3*49 11*47 19*45	65.8	-3.0	13*50 19*17 0*11	○				
27. hét									
28. h 180.	3*49 11*47 19*45	65.8	-3.2	15*12 20*08 0*30	○				
29. k 181.	3*50 11*48 19*45	65.7	-3.4	16*37 21*05 0*54	○				
30. sz 182.	3*50 11*48 19*45	65.7	-3.6	18*04 22*08 1*24	○				

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

június

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 158	16 39 16	Tünde, <i>Angéla, Hortenzia</i>
2.	2 453 159	16 43 12	Kármén, Anita, <i>Ábel, Csilla, Irma, Jenő, Kornél, Péter</i>
3.	2 453 160	16 47 09	Klotild, <i>Cecília, Kevin</i>
4.	2 453 161	16 51 05	Bulcsú, <i>Fatima, Fatime, Ferenc</i>
5.	2 453 162	16 55 02	Fatime, <i>Fatima, Nándor, Valéria</i>
6.	2 453 163	16 58 58	Norbert, Cintia, <i>Artemisz, Felícia, Klaudia, Kolos</i>
7.	2 453 164	17 02 55	Róbert
8.	2 453 165	17 06 51	Medárd, <i>Ágnes, Helga, Izabella, Vilmos</i>
9.	2 453 166	17 10 48	Félix, <i>Annamária, Diána, Előd</i>
10.	2 453 167	17 14 45	Margit, Gréta, <i>Diána, Gitta</i>
11.	2 453 168	17 18 41	Barnabás, <i>Etelka, Roxána</i>
12.	2 453 169	17 22 38	Villő, <i>Etelka, János</i>
13.	2 453 170	17 26 34	Antal, Anett
14.	2 453 171	17 30 31	Vazul
15.	2 453 172	17 34 27	Jolán, Vid, <i>Abrahám, Bernát, Izolda, Viola, Violetta</i>
16.	2 453 173	17 38 24	Jusztin, <i>Ferenc, Jusztina, Péter</i>
17.	2 453 174	17 42 20	Laura, Alida, <i>Alinka, Terézia</i>
18.	2 453 175	17 46 17	Arnold, Levente, <i>Dolóresz, Márk</i>
19.	2 453 176	17 50 14	Gyárfás, <i>Hajnalka, Julianna, Liána, Mihály, Rómeó</i>
20.	2 453 177	17 54 10	Rafael, <i>Benigna, Koppány, Margit</i>
21.	2 453 178	17 58 07	Alajos, Leila, <i>Lejla, Lujza, Olga</i>
22.	2 453 179	18 02 03	Paulina, <i>Ákos, Kriszta, Krisztina, Tamás</i>
23.	2 453 180	18 06 00	Zoltán, <i>Édua</i>
24.	2 453 181	18 09 56	Iván, <i>Beáta, János, Levente</i>
25.	2 453 182	18 13 53	Vilmos, <i>Vilma, Viola, Violetta</i>
26.	2 453 183	18 17 49	János, Pál, <i>Dávid, Örs</i>
27.	2 453 184	18 21 46	László, <i>Olga</i>
28.	2 453 185	18 25 43	Levente, Irén, <i>Gyula, Irina, Laura, Marcella, Tivadar</i>
29.	2 453 186	18 29 39	Péter, Pál, <i>Aladár, Aliz, Beáta, Ditta, Emma, Petra</i>
30.	2 453 187	18 33 36	Pál, <i>Ditta, Judit</i>



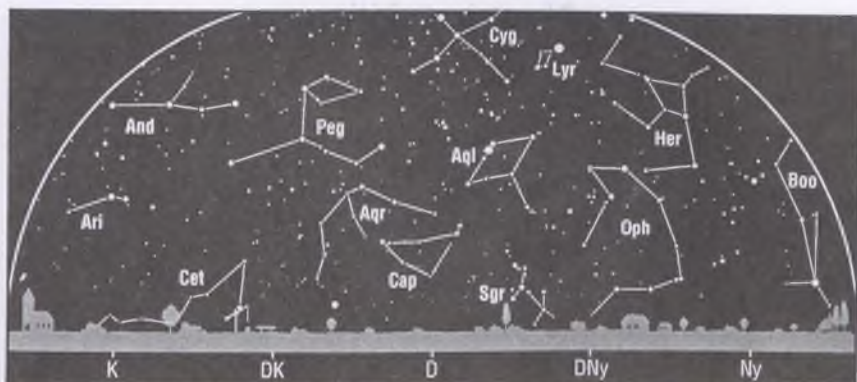
Az esti égbolt

Hold 3-ig és 18-tól, Merkúr 26-tól, Mars kora este, Jupiter, Szaturnusz szürkületben, Neptunusz késő este.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg. *Nyúlthalmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her). *Gázködök:* M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

3. 05^h* Telehold.
7. 07^h* A Neptunusz 5^o.1-kal északra a Holdtól.
8. 10^h* A Vénusz alsó együttállásban, a bolygó átvonul a Nap előtt, a ritka jelenség hazánkból is látható.
8. 20^h* Az Uránusz 3^o.9-kal északra a Holdtól.
9. 21^h* Utolsó negyed.
10. 00^h* Vesta 1^o.2-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
11. 13^h* A Plútó szembenállásban.
17. 21^h* Újhold.
18. 22^h* A Merkúr felső együttállásban.
19. 08^h* A Szaturnusz 4^o.9-kal délre a Holdtól.
20. 10^h* A Mars 3^o.7-kal délre a Holdtól.
21. 01^h* 57^m Nyári napforduló.
24. 00^h* A Jupiter 3^o.2-kal délre a Holdtól.
25. 20^h* Első negyed.



A hajnali égbolt

Hold 3-tól 16-ig, Merkúr 10-ig, Vénusz 15-től, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap első hetében még megkísérelhető észlelése a hajnali szürkületben a keleti látóhatár közelében. Helyzete azonban megfigyelésre nem kedvező. 18-án már felső együttállásban van a Nappal. A hónap utolsó napjaiban napnyugta után lehet keresni a nyugati láthatár fölött.

Vénusz: 8-án kerül alsó együttállásba, ekkor átvonul a Nap előtt. Ezután láthatósága gyorsan javul. A hó végén már másfél órával kel a Nap előtt. Fázisa 0-ról 0.1-re növekszik.

Mars: Napnyugta után még megfigyelhető az Ikrek, majd a Rák csillagképben. A hó elején két és fél, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. Fényessége 1^m8 , átmérője $3''.8$, mindkettő csökken.

Jupiter: Az esti órákban figyelhető meg az Oroszlán csillagképben. Éjfél körül nyugszik. Fényessége -1^m9 , átmérője $35''$.

Szaturnusz: A hónap első felében még megkereshető az esti szürkületben a nyugati égbolton. A hó elején még két órával, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége 0^m1 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Késő éjjel kelnek, és az éjszaka második felében figyelhetők meg. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben látható.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – július

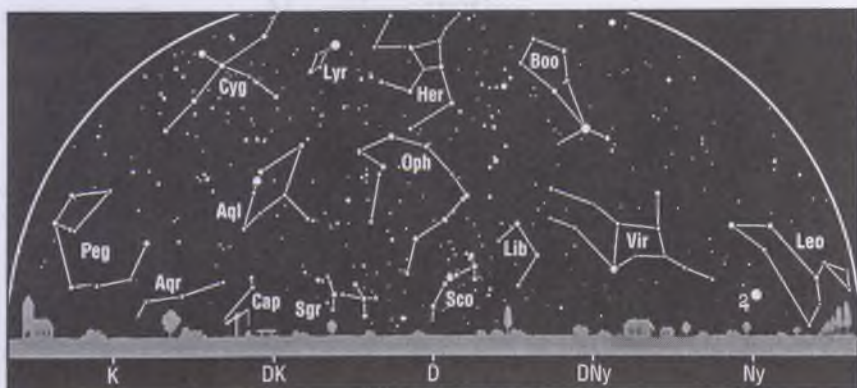
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
27. hét									
1. cs 183.	3*51	11*48	19*45	65.6	-3.8	19*24	23*15	2*07	○
2. p 184.	3*51	11*48	19*44	65.5	-4.0	20*29	—	3*05	○ 12*09
3. sz 185.	3*52	11*48	19*44	65.5	-4.2	21*18	0*22	4*19	○
4. v 186.	3*53	11*48	19*44	65.3	-4.4	21*53	1*27	5*44	○
28. hét									
5. h 187.	3*54	11*49	19*43	65.3	-4.5	22*19	2*26	7*09	○
6. k 188.	3*54	11*49	19*43	65.2	-4.7	22*39	3*19	8*31	○
7. sz 189.	3*55	11*49	19*42	65.1	-4.9	22*57	4*08	9*49	○
8. cs 190.	3*56	11*49	19*42	65.0	-5.0	23*13	4*53	11*02	○
9. p 191.	3*57	11*49	19*41	64.8	-5.2	23*29	5*36	12*13	○ 8*33
10. sz 192.	3*58	11*49	19*41	64.7	-5.3	23*46	6*18	13*22	○
11. v 193.	3*59	11*50	19*40	64.6	-5.5	—	7*01	14*31	○
29. hét									
12. h 194.	3*59	11*50	19*39	64.5	-5.6	0*06	7*45	15*39	○
13. k 195.	4*00	11*50	19*39	64.3	-5.7	0*30	8*32	16*47	○
14. sz 196.	4*01	11*50	19*38	64.2	-5.8	1*00	9*20	17*50	○
15. cs 197.	4*02	11*50	19*37	64.0	-5.9	1*38	10*11	18*47	○
16. p 198.	4*03	11*50	19*36	63.8	-6.0	2*27	11*02	19*34	○
17. sz 199.	4*04	11*50	19*35	63.7	-6.1	3*24	11*53	20*13	○ 12*24
18. v 200.	4*05	11*50	19*34	63.5	-6.2	4*29	12*43	20*43	○
30. hét									
19. h 201.	4*07	11*50	19*33	63.3	-6.3	5*38	13*30	21*07	○
20. k 202.	4*08	11*50	19*32	63.1	-6.3	6*49	14*15	21*27	○
21. sz 203.	4*09	11*50	19*31	62.9	-6.4	7*59	14*59	21*44	○
22. cs 204.	4*10	11*50	19*30	62.8	-6.4	9*10	15*42	22*00	○
23. p 205.	4*11	11*50	19*29	62.5	-6.5	10*22	16*26	22*16	○
24. sz 206.	4*12	11*51	19*28	62.3	-6.5	11*36	17*11	22*34	○
25. v 207.	4*13	11*51	19*27	62.1	-6.5	12*53	18*00	22*55	○ 4*37
31. hét									
26. h 208.	4*15	11*51	19*26	61.9	-6.5	14*15	18*53	23*21	○
27. k 209.	4*16	11*51	19*24	61.7	-6.5	15*38	19*51	23*57	○
28. sz 210.	4*17	11*50	19*23	61.5	-6.5	17*00	20*54	—	○
29. cs 211.	4*18	11*50	19*22	61.2	-6.5	18*11	22*01	0*46	○
30. p 212.	4*19	11*50	19*21	61.0	-6.4	19*07	23*06	1*52	○
31. sz 213.	4*21	11*50	19*19	60.7	-6.4	19*48	—	3*12	○ 19*05

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

július

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 188	18 37 32	Tihamér, Annamária, Áron, Előd, Gyula, Olivér
2.	2 453 189	18 41 29	Ottó, Jenő, Mária
3.	2 453 190	18 45 25	Kornél, Soma, Bernát, Napsugár, Tamás
4.	2 453 191	18 49 22	Ulrik, Berta, Betti, Illés, Izabella, Rajmund, Ramón
5.	2 453 192	18 53 18	Emese, Sarolta, Antal, Vilmos
6.	2 453 193	18 57 15	Csaba, Dominika, Mária, Tamás
7.	2 453 194	19 01 12	Apollónia, Apolka, Donát
8.	2 453 195	19 05 08	Ellák, Eszter, Izabella, Jenő, Liza, Terézia, Zsóka
9.	2 453 196	19 09 05	Lukrécia, Koppány, Margit, Vera, Veronika
10.	2 453 197	19 13 01	Amália, Alma
11.	2 453 198	19 16 58	Nóra, Lili, Eleonóra, Helga, Lilla, Nelli, Olga, Olivér
12.	2 453 199	19 20 54	Izabella, Dalma, Eleonóra, Ernő, János, Leonóra, Nóra
13.	2 453 200	19 24 51	Jenő, Ernő, Henrietta, Henrik, Jakab, Sára, Sarolta
14.	2 453 201	19 28 47	Őrs, Stella, Esztella, Ferenc, Zalán
15.	2 453 202	19 32 44	Henrik, Roland, Leonóra, Loránd, Lóránt, Stella
16.	2 453 203	19 36 41	Valter, Aténé, Kármén, Mária
17.	2 453 204	19 40 37	Endre, Elek, Magda, Magdolna, Róbert, Szabolcs
18.	2 453 205	19 44 34	Frigyes, Arnold, Hedvig, Kamilla, Milán
19.	2 453 206	19 48 30	Emília, Alfréd, Ambrus, Aranka, Aurélia, Stella, Vince
20.	2 453 207	19 52 27	Illés, Margaréta, Margit, Marina
21.	2 453 208	19 56 23	Dániel, Daniella, Angéla, Angelina, Júlia, Lőrinc
22.	2 453 209	20 00 20	Magdolna, Léna, Lenke, Magda, Magdaléna, Mária
23.	2 453 210	20 04 16	Lenke, Brigitta
24.	2 453 211	20 08 13	Kinga, Kincső, Bernát, Csenge, Kriszta, Krisztina, Lujza
25.	2 453 212	20 12 10	Kristóf, Jakab, Krisztofer, Valentin, Valentina, Zsáklín
26.	2 453 213	20 16 06	Anna, Anikó, Anett, Anilla, Anita, Panna
27.	2 453 214	20 20 03	Olga, Liliána, György, Kamilla, Krisztián, Natália
28.	2 453 215	20 23 59	Szabolcs, Botond, Győző, Szeréna, Viktor
29.	2 453 216	20 27 56	Márta, Flóra, Bea, Beatrix, Virág
30.	2 453 217	20 31 52	Judit, Xénia, Julietta
31.	2 453 218	20 35 49	Oszkár, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Ignác, Ilona, Léna



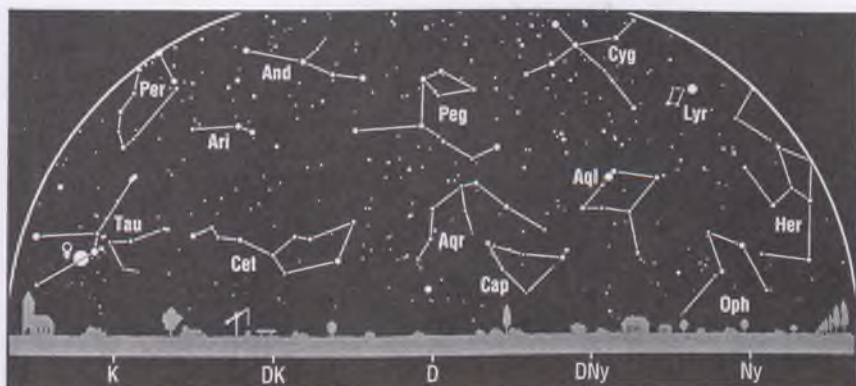
Az esti égbolt

Hold 2-ig és 18-tól 31-ig, Merkúr, Mars szürkületben, Jupiter kora este, Uránusz késő este, Neptunusz.

Kettőscsillagok: α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr). *Gázködök:* M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M81–82 (UMa), M106 (CVn), M49 (Vir), M87 (Vir), M104 (Sombbrero-galaxis, Vir), M94 (CVn), M64 (Com), M63 (CVn), M51 (Örvény-köd, CVn), M101 (UMa).

Csillagászati események

2. 12^h* Telehold.
4. 11^h* A Vénusz 1^o2-kal északra az Aldebarantól.
4. 16^h* A Neptunusz 4^o9-kal északra a Holdtól.
5. 12^h* A Föld naptávolban.
6. 04^h* Az Uránusz 3^o7-kal északra a Holdtól.
8. 18^h* A Szaturnusz együttállásban a Nappal.
9. 05^h* Juno szembenállásban.
9. 09^h* Utolsó negyed.
11. 00^h* A Merkúr 0^o2-kal északra a Marstól.
15. 02^h* A Vénusz legnagyobb fényességben.
17. 12^h* Újhold.
19. 03^h* A Mars 3^o8-kal délre a Holdtól.
19. 16^h* A Merkúr 4^o7-kal délre a Holdtól.
21. 14^h* A Jupiter 2^o8-kal délre a Holdtól.
25. 05^h* Első negyed.
26. 01^h* A Merkúr 1^o3-kal délre a Regulustól.
27. 04^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (27^o).
31. 19^h* Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 2-től 16-ig, Vénusz, Uránusz, Neptunusz.

A bolygók

Merkúr: Az esti szürkületben kereshető meg a nyugati látóhatár fölött. 27-én van legnagyobb keleti kitérésben, $27''$ -ra a Naptól. Ekkor egy órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Hajnalban a keleti égbolt feltűnő égitestje. A hó elején másfél órával, végén három órával kel a Nap előtt. 15-én éri el alsó együttállás utáni legnagyobb fényességét, $-4^m,5$ értékkel. Fázisa 0.1-ről 0.4-re növekszik.

Mars: Még megkereshető az esti szürkületben az északnyugati látóhatár közelében. A hó elején másfél, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége $1^m,8$, átmérője $3'',6$.

Jupiter: Napnyugta után még megkereshető az Oroszlán csillagképben. A hó elején három órával, a végén már csak két órával nyugszik a Nap után. Fényessége $-1^m,8$, átmérője $33''$.

Szaturnusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 8-án kerül együttállásba a Nappal.

Uránusz, Neptunusz: Késő este kelnek, és az éjszaka nagy részében megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – augusztus

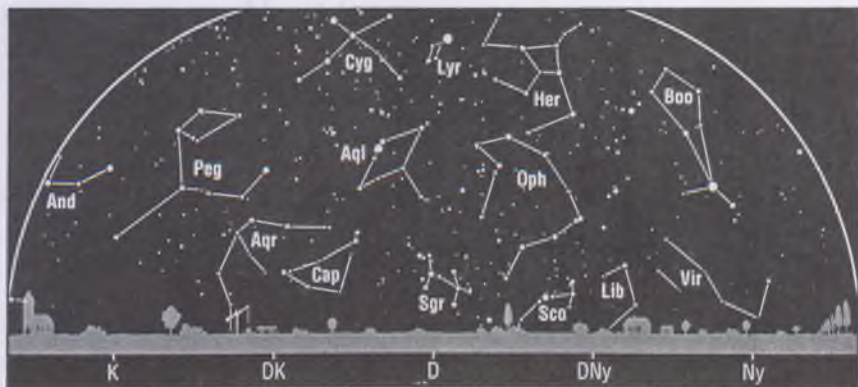
KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel h m	delel h m	nyugszik h m			kel h m	delel h m	nyugszik h m	
31. hét									
1. v 214.	4*22	11*50	19*18	60.5	-6.3	20*18	0*08	4*38	○
32. hét									
2. h 215.	4*23	11*50	19*16	60.2	-6.2	20*41	1*05	6*03	○
3. k 216.	4*25	11*50	19*15	60.0	-6.2	21*00	1*57	7*25	○
4. sz 217.	4*26	11*50	19*13	59.7	-6.1	21*17	2*44	8*42	○
5. cs 218.	4*27	11*50	19*12	59.4	-6.0	21*33	3*29	9*56	○
6. p 219.	4*28	11*50	19*10	59.2	-5.9	21*50	4*13	11*08	○
7. sz 220.	4*30	11*50	19*09	58.9	-5.8	22*09	4*56	12*18	○ 23*01
8. v 221.	4*31	11*50	19*07	58.6	-5.6	22*31	5*41	13*28	○
33. hét									
9. h 222.	4*32	11*49	19*06	58.3	-5.5	22*59	6*27	14*37	○
10. k 223.	4*34	11*49	19*04	58.0	-5.3	23*35	7*15	15*42	○
11. sz 224.	4*35	11*49	19*02	57.7	-5.2	—	8*05	16*41	○
12. cs 225.	4*36	11*49	19*01	57.4	-5.0	0*20	8*57	17*32	○
13. p 226.	4*38	11*49	18*59	57.1	-4.9	1*15	9*48	18*13	○
14. sz 227.	4*39	11*49	18*57	56.8	-4.7	2*18	10*38	18*46	○
15. v 228.	4*40	11*48	18*56	56.5	-4.5	3*27	11*27	19*11	○
34. hét									
16. h 229.	4*42	11*48	18*54	56.2	-4.3	4*38	12*13	19*33	○ 2*24
17. k 230.	4*43	11*48	18*52	55.9	-4.1	5*50	12*58	19*51	○
18. sz 231.	4*44	11*48	18*50	55.6	-3.9	7*01	13*41	20*07	○
19. cs 232.	4*46	11*48	18*49	55.2	-3.6	8*13	14*25	20*23	○
20. p 233.	4*47	11*47	18*47	54.9	-3.4	9*27	15*10	20*40	○
21. sz 234.	4*48	11*47	18*45	54.6	-3.2	10*43	15*57	20*59	○
22. v 235.	4*50	11*47	18*43	54.2	-2.9	12*02	16*47	21*23	○
35. hét									
23. h 236.	4*51	11*47	18*41	53.9	-2.7	13*23	17*42	21*54	○ 11*12
24. k 237.	4*52	11*46	18*39	53.5	-2.4	14*44	18*42	22*36	○
25. sz 238.	4*54	11*46	18*38	53.2	-2.1	15*57	19*46	23*34	○
26. cs 239.	4*55	11*46	18*36	52.9	-1.8	16*57	20*50	—	○
27. p 240.	4*56	11*45	18*34	52.5	-1.5	17*43	21*52	0*46	○
28. sz 241.	4*58	11*45	18*32	52.2	-1.3	18*17	22*50	2*09	○
29. v 242.	4*59	11*45	18*30	51.8	-1.0	18*42	23*44	3*34	○
36. hét									
30. h 243.	5*00	11*45	18*28	51.5	-0.6	19*02	—	4*58	○ 3*22
31. k 244.	5*02	11*44	18*26	51.1	-0.3	19*20	0*33	6*17	○

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

augusztus

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 219	20 39 45	Boglárka, Gusztáv, Pálma, Péter, Zsófia
2.	2 453 220	20 43 42	Lehel, Gusztáv, Mária
3.	2 453 221	20 47 39	Hermína, István, Lidia, Terézia
4.	2 453 222	20 51 35	Domonkos, Dominika
5.	2 453 223	20 55 32	Krisztina, Abel, Afrodité, Kriszta, Mária
6.	2 453 224	20 59 28	Berta, Bettina, Géza
7.	2 453 225	21 03 25	Ibolya, Afrodité, Albert, Arabella, Donát
8.	2 453 226	21 07 21	László, Dominik, Domonkos, Gusztáv
9.	2 453 227	21 11 18	Emőd, János, Roland
10.	2 453 228	21 15 14	Lőrinc, Bianka, Blanka, Csilla, Loránd, Lóránt, Roland
11.	2 453 229	21 19 11	Zsuzsanna, Tiborc, Klára, Lilian, Liliána, Lujza
12.	2 453 230	21 23 08	Klára, Hilda, Letícia
13.	2 453 231	21 27 04	Ipoly, Gerda, Gertrúd, Helén, Heléna, Ibolya, János
14.	2 453 232	21 31 01	Marcell, Menyhért
15.	2 453 233	21 34 57	Mária, Alfréd
16.	2 453 234	21 38 54	Ábrahám, István, Szeréna
17.	2 453 235	21 42 50	Jácint
18.	2 453 236	21 46 47	Ilona, Elena, Eleni, Helén, Heléna, Lenke
19.	2 453 237	21 50 43	Huba, Bernát, János, Lajos
20.	2 453 238	21 54 40	Szent István ünnepe ; István, Bernát, Stefánia, Vajk
21.	2 453 239	21 58 37	Sámuel, Hajna, Erik, Erika, Franciska, Johanna
22.	2 453 240	22 02 33	Menyhért, Mirjam, Boglár, Boglárka, János, Mária
23.	2 453 241	22 06 30	Bence, Róza, Rózsa, Szidónia
24.	2 453 242	22 10 26	Bertalan, Albert, Aliz
25.	2 453 243	22 14 23	Lajos, Patrícia, Elemér, József, Tamás
26.	2 453 244	22 18 19	Izsó, Margit, Natália, Natasa, Rita
27.	2 453 245	22 22 16	Gáspár, József, Mónika
28.	2 453 246	22 26 12	Ágoston, Alfréd, Elemér, László
29.	2 453 247	22 30 09	Beatrix, Erna, Ernesztina, János, Kamilla, Szabina
30.	2 453 248	22 34 06	Róza, Letícia, Rózsa
31.	2 453 249	22 38 02	Erika, Bella, Aida, Hanga, Izabella, Rajmund, Ramóna



Az esti égbolt

Hold 17-től 30-ig, Merkúr 17-ig, Jupiter szürkületben, Uránusz, Neptunusz. Perseidák meteorraj.

Kétfőscsillagok: γ And, α CVn, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyílt-halmazok:* M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M3 (CVn), M5 (Ser), M13 (Her), M92 (Her), M22 (Sgr), M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M16 (Ser), M17 (Omega-köd, Sgr), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 01^h* A Neptunusz 4^o9'-kal északra a Holdtól.
2. 13^h* Az Uránusz 3^o6'-kal északra a Holdtól.
6. 04^h* A Neptunusz szembenállásban.
7. 23^h* Utolsó negyed.
13. 10^h* A Szaturnusz 5^o1'-kal délre a Holdtól.
16. 02^h* Újhold.
17. 04^h* A Merkúr 5^o8'-kal délre a Marstól.
17. 20^h* A Vénusz legnagyobb nyugati kitérésben (46").
18. 06^h* A Jupiter 2^o4'-kal délre a Holdtól.
23. 11^h* Első negyed.
23. 22^h* A Merkúr alsó együttállásban.
27. 20^h* Az Uránusz szembenállásban.
28. 10^h* A Neptunusz 4^o9'-kal északra a Holdtól.
29. 21^h* Az Uránusz 3^o6'-kal északra a Holdtól.
30. 03^h* Télihold.



A hajnali égbolt

Hold 15-ig és 30-tól, Vénusz, Szaturnusz, Uránusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap első napjaiban még megkísérelhető észlelése az esti szürkületben a nyugati látóhatár közelében. 23-án azonban már alsó együttállásban van.

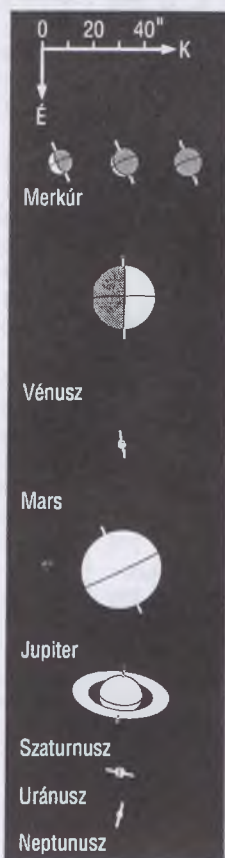
Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején három órával, végén négy órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m4 -ról -4^m2 -ra csökken; fázisa 0.4-ről 0.6-re növekszik. 17-én van legnagyobb nyugati kitérésben, $46''$ -ra a Naptól.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: Napnyugta után még megkereshető a nyugati látóhatár közelében, láthatósága gyorsan romlik. A hó elején még két órával, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. Fényessége -1^m7 , átmérője $31''$.

Szaturnusz: A hajnali égbolton figyelhető meg az Ikrek csillagképben. Láthatósága gyorsan javul, a hónap elején másfél órával, a végén már négy órával kel a Nap előtt. Fényessége 0^m2 , átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Egész éjszaka megfigyelhetők. Az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben jár. A Neptunusz 6-án, az Uránusz 27-én kerül szembenállásba a Nappal. Ekkor az Uránusz átmérője $3''7$, fényessége 5^m7 ; a Neptunusz átmérője $2''4$, fényessége 7^m8 .



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47.5$

Naptár – szeptember

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
36. hét									
1. sz 245.	5*03	11*44	18*24	50.7	−0.0	19*36	1*20	7*34	○
2. cs 246.	5*04	11*44	18*22	50.4	+0.3	19*53	2*05	8*48	○
3. p 247.	5*06	11*43	18*20	50.0	+0.6	20*11	2*49	10*00	○
4. sz 248.	5*07	11*43	18*18	49.6	+1.0	20*32	3*34	11*12	○
5. v 249.	5*08	11*43	18*16	49.3	+1.3	20*58	4*20	12*23	○
37. hét									
6. h 250.	5*10	11*42	18*14	48.9	+1.6	21*31	5*08	13*30	● 16*10
7. k 251.	5*11	11*42	18*12	48.5	+2.0	22*12	5*58	14*33	●
8. sz 252.	5*12	11*42	18*10	48.1	+2.3	23*04	6*49	15*27	●
9. cs 253.	5*14	11*41	18*08	47.8	+2.6	—	7*40	16*12	●
10. p 254.	5*15	11*41	18*06	47.4	+3.0	0*04	8*31	16*47	●
11. sz 255.	5*16	11*41	18*04	47.0	+3.3	1*11	9*20	17*15	●
12. v 256.	5*18	11*40	18*02	46.6	+3.7	2*22	10*08	17*37	●
38. hét									
13. h 257.	5*19	11*40	18*00	46.2	+4.0	3*34	10*53	17*56	●
14. k 258.	5*20	11*39	17*58	45.9	+4.4	4*47	11*38	18*13	● 15*29
15. sz 259.	5*22	11*39	17*56	45.5	+4.8	6*00	12*22	18*29	●
16. cs 260.	5*23	11*39	17*54	45.1	+5.1	7*15	13*07	18*46	●
17. p 261.	5*24	11*38	17*52	44.7	+5.5	8*31	13*54	19*04	●
18. sz 262.	5*26	11*38	17*50	44.3	+5.8	9*51	14*44	19*26	●
19. v 263.	5*27	11*38	17*48	43.9	+6.2	11*12	15*38	19*55	●
39. hét									
20. h 264.	5*28	11*37	17*46	43.5	+6.5	12*34	16*36	20*33	●
21. k 265.	5*30	11*37	17*43	43.1	+6.9	13*49	17*38	21*25	● 16*53
22. sz 266.	5*31	11*37	17*41	42.8	+7.2	14*53	18*41	22*31	●
23. cs 267.	5*32	11*36	17*39	42.4	+7.6	15*41	19*42	23*49	○
24. p 268.	5*34	11*36	17*37	42.0	+7.9	16*18	20*40	—	○
25. sz 269.	5*35	11*36	17*35	41.6	+8.3	16*45	21*34	1*12	○
26. v 270.	5*36	11*35	17*33	41.2	+8.6	17*06	22*24	2*34	○
40. hét									
27. h 271.	5*38	11*35	17*31	40.8	+9.0	17*24	23*11	3*54	○
28. k 272.	5*39	11*35	17*29	40.4	+9.3	17*41	23*56	5*11	○ 14*09
29. sz 273.	5*40	11*34	17*27	40.1	+9.6	17*57	—	6*26	○
30. cs 274.	5*42	11*34	17*25	39.7	+10.0	18*14	0*41	7*40	○

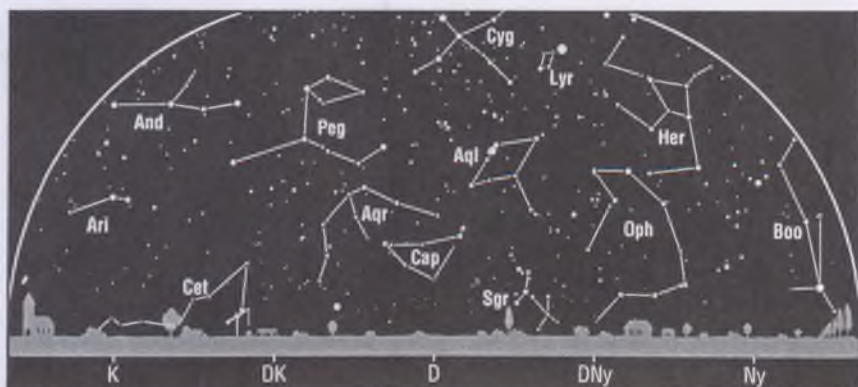
*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

szeptember

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 250	22 41 59	Egyed, Egon, <i>Ignác, Izabella, Noémi, Tamara</i>
2.	2 453 251	22 45 55	Rebeka, Dorina, <i>Ella, Ingrid, István, Margit, Teodóra</i>
3.	2 453 252	22 49 52	Hilda, <i>Gergely, Gergő</i>
4.	2 453 253	22 53 48	Rozália, <i>Ida, Róza, Rózsa</i>
5.	2 453 254	22 57 45	Viktor, Lőrinc, <i>Albert</i>
6.	2 453 255	23 01 41	Zakariás, <i>Bea, Beáta, Csanád, Ida</i>
7.	2 453 256	23 05 38	Regina, <i>Dusán, István, Menyhért</i>
8.	2 453 257	23 09 35	Mária, Adrienn, <i>Adorján, Adrián, Adriána, Imma</i>
9.	2 453 258	23 13 31	Ádám, <i>Péter</i>
10.	2 453 259	23 17 28	Nikolett, Hunor, <i>Erik, Miklós, Nikola, Noémi, Zalán</i>
11.	2 453 260	23 21 24	Teodóra, <i>Emil, Helga, Jácint, Milán</i>
12.	2 453 261	23 25 21	Mária, <i>Ibolya, Imma</i>
13.	2 453 262	23 29 17	Kornél, <i>János, Lujza</i>
14.	2 453 263	23 33 14	Szeréna, <i>Roxána</i>
15.	2 453 264	23 37 10	Enikő, Melitta, <i>Katalin, Loránd, Lóránt, Mária, Roland</i>
16.	2 453 265	23 41 07	Edit, <i>Ditta, Kornél, Kornélia, Lúcia, Soma</i>
17.	2 453 266	23 45 04	Zsófia, <i>Ildikó, Róbert</i>
18.	2 453 267	23 49 00	Diána, <i>József, Richárd</i>
19.	2 453 268	23 52 57	Vilhelmina, <i>Emília, Mária, Szabolcs, Tivadar, Vilma</i>
20.	2 453 269	23 56 53	Friderika, <i>Frida, Zsuzsa, Zsuzsanna</i>
21.	2 453 270	0 00 50	Máté, <i>Ildikó, Míra, Mirella</i>
22.	2 453 271	0 04 46	Móric, <i>Irisz, Ottó, Tamás</i>
23.	2 453 272	0 08 43	Tekla, <i>Ildikó, Ilona</i>
24.	2 453 273	0 12 39	Gellért, <i>Mercédesz, Gerda, Mária</i>
25.	2 453 274	0 16 36	Eufrozina, <i>Kende, Miklós, Nikolett, Nikoletta</i>
26.	2 453 275	0 20 33	Jusztina, <i>Dániel</i>
27.	2 453 276	0 24 29	Adalbert, <i>Albert, Károly, Vince</i>
28.	2 453 277	0 28 26	Vencel, <i>Bernát, Jusztina</i>
29.	2 453 278	0 32 22	Mihály, <i>Gábor, Gabriella, Rafael</i>
30.	2 453 279	0 36 19	Jeromos, <i>Felícia, Hunor, Őrs, Viktor, Zsófia</i>

14. A bizánci naptár 7513. évének kezdete.

15. A zsidó naptár 5765. évének kezdete napnyugtakor.



Az esti égbolt

Hold 15-től 28-ig, Uránusz, Neptunusz.

Kettőscsillagok: γ And, ζ UMa, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyúlthalmazok:* h és χ Per, M11 (Sct). *Gömbhalmazok:* M13 (Her), M92 (Her), M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M16 (Ser), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M81–82 (UMa), M101 (UMa).

Csillagászati események

1. 02^h* A Vénusz 1°9'-kal délre a Szaturnusztól.
6. 16^h* Utolsó negyed.
9. 15^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (18°).
9. 23^h* A Szaturnusz 5°3'-kal délre a Holdtól.
10. 06^h* A Merkúr 0°1'-kal délre a Regulustól.
13. 02^h* A Merkúr 3°4'-kal délre a Holdtól.
13. 08^h* A Vesta szembenállásban.
14. 15^h* Újhold.
15. 14^h* A Mars együttállásban a Nappal.
21. 17^h* Első negyed.
22. 01^h* A Jupiter együttállásban a Nappal.
22. 17^h30^m Őszi napéjegyenlőség.
24. 16^h* A Neptunusz 5°0'-kal északra a Holdtól.
26. 04^h* Az Uránusz 3°6'-kal északra a Holdtól.
28. 14^h* Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 13-ig és 28-tól, Merkúr 25-ig, Vénusz, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: A hónap nagy részében látható hajnalban a keleti látóhatár fölött. Helyzete a hó első felében megfigyelésre kedvező. 9-én jár legnagyobb nyugati kitérésben, 18° -ra a Naptól. Ekkor másfél órával kel a Nap előtt.

Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó folyamán csaknem négy órával kel a Nap előtt. Fényessége $-4^m.2$ -ről $-4^m.1$ -re csökken; fázisa 0.6-ról 0.7-re növekszik.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 15-én van együttállásba a Nappal.

Jupiter: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 22-én kerül együttállásba a Nappal.

Szaturnusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége $0^m.2$, átmérője $17''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka nagy részében megfigyelhetők, az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben. A hajnali órákban nyúlszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – október

KÖZEI*

dátum	Nap			h_d °	E_t m	Hold			fázis h m
	kel, h	delel, m	nyugszik, h m			kel, h m	delel, h m	nyugszik, h m	
40. hét									
1. p 275.	5*43	11*34	17*23	39.3	+10.3	18*34	1*26	8*53	○
2. sz 276.	5*45	11*33	17*21	38.9	+10.6	18*58	2*12	10*05	○
3. v 277.	5*46	11*33	17*19	38.5	+10.9	19*27	3*00	11*15	○
41. hét									
4. h 278.	5*47	11*33	17*17	38.1	+11.3	20*05	3*49	12*21	○
5. k 279.	5*49	11*32	17*15	37.7	+11.6	20*52	4*40	13*19	○
6. sz 280.	5*50	11*32	17*13	37.4	+11.9	21*49	5*32	14*08	○ 11*12
7. cs 281.	5*52	11*32	17*11	37.0	+12.1	22*54	6*22	14*46	○
8. p 282.	5*53	11*31	17*09	36.6	+12.4	—	7*12	15*17	○
9. sz 283.	5*54	11*31	17*07	36.2	+12.7	0*03	8*00	15*41	○
10. v 284.	5*56	11*31	17*05	35.8	+13.0	1*15	8*46	16*01	○
42. hét									
11. h 285.	5*57	11*31	17*03	35.5	+13.2	2*27	9*30	16*18	○
12. k 286.	5*59	11*30	17*01	35.1	+13.5	3*40	10*15	16*34	○
13. sz 287.	6*00	11*30	17*00	34.7	+13.7	4*55	11*00	16*51	○
14. cs 288.	6*01	11*30	16*58	34.3	+14.0	6*12	11*47	17*09	○ 3*48
15. p 289.	6*03	11*30	16*56	34.0	+14.2	7*32	12*37	17*30	○
16. sz 290.	6*04	11*30	16*54	33.6	+14.4	8*56	13*31	17*56	○
17. v 291.	6*06	11*29	16*52	33.2	+14.6	10*20	14*29	18*31	○
43. hét									
18. h 292.	6*07	11*29	16*50	32.9	+14.8	11*40	15*31	19*19	○
19. k 293.	6*09	11*29	16*48	32.5	+15.0	12*48	16*35	20*22	○
20. sz 294.	6*10	11*29	16*47	32.1	+15.2	13*42	17*37	21*37	○ 22*59
21. cs 295.	6*12	11*29	16*45	31.8	+15.3	14*21	18*35	22*58	○
22. p 296.	6*13	11*28	16*43	31.4	+15.5	14*50	19*29	—	○
23. sz 297.	6*15	11*28	16*41	31.1	+15.6	15*12	20*19	0*20	○
24. v 298.	6*16	11*28	16*40	30.7	+15.8	15*30	21*06	1*39	○
44. hét									
25. h 299.	6*18	11*28	16*38	30.4	+15.9	15*47	21*51	2*55	○
26. k 300.	6*19	11*28	16*36	30.0	+16.0	16*03	22*35	4*09	○
27. sz 301.	6*21	11*28	16*35	29.7	+16.1	16*19	23*19	5*22	○
28. cs 302.	6*22	11*28	16*33	29.4	+16.2	16*37	—	6*34	○ 4*07
29. p 303.	6*24	11*28	16*31	29.0	+16.3	16*59	0*04	7*47	○
30. sz 304.	6*25	11*28	16*30	28.7	+16.3	17*26	0*51	8*59	○
31. v 305.	6*27	11*28	16*28	28.4	+16.4	18*01	1*41	10*07	○

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

október

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 280	0 40 15	Malvin, <i>Rómeó, Terézia</i>
2.	2 453 281	0 44 12	Petra, <i>Örs, Tamás</i>
3.	2 453 282	0 48 08	Helga, <i>Ignác, Mária, Terézia</i>
4.	2 453 283	0 52 05	Ferenc, <i>Aranka, Hajnalka</i>
5.	2 453 284	0 56 02	Aurél, <i>Attila, Pálma</i>
6.	2 453 285	0 59 58	Brúnó, <i>Renáta, Csaba</i>
7.	2 453 286	1 03 55	Amália, <i>Mária, Márk</i>
8.	2 453 287	1 07 51	Koppány, <i>Bettina, Brigitta, Etelka, Gitta, János, Mária</i>
9.	2 453 288	1 11 48	Dénes, <i>Ábrahám, Ábris, Andor, Elemér, Sára</i>
10.	2 453 289	1 15 44	Gedeon, <i>Dániel, Ferenc, Lajos, Sámuel</i>
11.	2 453 290	1 19 41	Brigitta, <i>Andor, Sándor</i>
12.	2 453 291	1 23 37	Miksa, <i>Rezső</i>
13.	2 453 292	1 27 34	Kálmán, <i>Ede, Fatima, Fatime, Jakab</i>
14.	2 453 293	1 31 31	Helén, <i>Beatrice, Dominik, Domonkos, Livia</i>
15.	2 453 294	1 35 27	Teréz, <i>Aranka, Aurélia, Hedvig, Tekla, Terézia, Vilma</i>
16.	2 453 295	1 39 24	Gál, <i>Ambrus, Aranka, Aurélia, Gellért, Hedvig, Margit</i>
17.	2 453 296	1 43 20	Hedvig, <i>Alajos, Ignác, Margit, Rezső, Rudolf</i>
18.	2 453 297	1 47 17	Lukács, <i>Ambrus</i>
19.	2 453 298	1 51 13	Nándor, <i>Frida, Friderika, Laura, Pál, Péter</i>
20.	2 453 299	1 55 10	Vendel, <i>Cintia, Irén, Irina</i>
21.	2 453 300	1 59 06	Orsolya, <i>Klementina, Zsolt</i>
22.	2 453 301	2 03 03	Előd, <i>Korinna</i>
23.	2 453 302	2 07 00	Nemzeti ünnep; Gyöngyi, <i>Gyöngyvér, Ignác, János</i>
24.	2 453 303	2 10 56	Salamon, <i>Rafael, Ráhel</i>
25.	2 453 304	2 14 53	Blanka, <i>Bianka, János, Margit</i>
26.	2 453 305	2 18 49	Dömötör, <i>Amanda, Ametiszt, Armand</i>
27.	2 453 306	2 22 46	Szabina
28.	2 453 307	2 26 42	Simon, <i>Szimonetta, Alfréd</i>
29.	2 453 308	2 30 39	Nárcisz, <i>Melinda</i>
30.	2 453 309	2 34 35	Alfonz, <i>Fanni, Kolos, Stefánia</i>
31.	2 453 310	2 38 32	Farkas, <i>Kristóf</i>



Az esti égbolt

Hold 15-től 28-ig, Merkúr 20-tól, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, ϑ Ser, β Cyg, γ Del. *Nyúlthalmazok:* h és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). *Gömbthalmazok:* M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri).

Csillagászati események

3. 17^h A Vénusz 0^o1'-kal délre a Regulustól.
5. 20^h A Merkúr felső együttállásban.
6. 11^h Utolsó negyed.
7. 11^h A Szaturnusz 5^o4'-kal délre a Holdtól.
10. 20^h A Vénusz 3^o5'-kal délre a Holdtól.
12. 20^h A Jupiter 1^o4'-kal délre a Holdtól.
14. 04^h Újhold, részleges napfogyatkozás (hazánkból nem látható).
20. 23^h Első negyed.
21. 22^h A Neptunusz 5^o1'-kal északra a Holdtól.
23. 09^h Az Uránusz 3^o7'-kal északra a Holdtól.
28. 04^h Telehold, teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható.



A hajnali égbolt

Hold 13-ig és 28-tól, Vénusz, Jupiter, Szaturnusz. Orionidák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: A hónap nagy részében helyzete megfigyelésre nem alkalmas. 5-én kerül felső együttállásba a Nappal. A hó utolsó hetében megkísérélhető keresése napnyugta után a nyugati látóhatár fölött.

Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején négy órával, végén három órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m1 ; fázisa 0.7-ről 0.8-re növekszik.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: A hajnali égen kereshető meg a keleti látóhatár közelében, láthatósága gyorsan javul. A hó elején még csak fél órával, a végén már két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége -1^m7 , átmérője $31''$.

Szaturnusz: Éjfél előtt kel, az éjszaka második felében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége 0^m2 , átmérője $18''$.

Uránusz, Neptunusz: Az éjszaka első felében figyelhetők meg, az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben. Éjfél körül nyugszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – november

KÖZEI

dátum	Nap				h_d °	E_t m	Hold				fázis h m
	kel	delel	nyugszik				kel	delel	nyugszik		
	h m	h m	h m				h m	h m	h m		
45. hét											
1. h 306.	6 28	11 28	16 26	28.0	+16.4		18 44	2 31	11 09	☉	
2. k 307.	6 30	11 28	16 25	27.7	+16.4		19 37	3 23	12 02	☉	
3. sz 308.	6 31	11 28	16 23	27.4	+16.4		20 39	4 14	12 44	☉	
4. cs 309.	6 33	11 28	16 22	27.1	+16.4		21 46	5 04	13 17	☉	
5. p 310.	6 34	11 28	16 21	26.8	+16.4		22 55	5 52	13 43	☉	6 53
6. sz 311.	6 36	11 28	16 19	26.5	+16.4		—	6 38	14 04	☉	
7. v 312.	6 37	11 28	16 18	26.2	+16.3		0 06	7 22	14 22	☉	
46. hét											
8. h 313.	6 39	11 28	16 16	25.9	+16.3		1 17	8 06	14 39	☉	
9. k 314.	6 40	11 28	16 15	25.6	+16.2		2 30	8 50	14 55	☉	
10. sz 315.	6 42	11 28	16 14	25.3	+16.1		3 46	9 35	15 11	☉	
11. cs 316.	6 43	11 28	16 12	25.1	+16.0		5 05	10 24	15 31	☉	
12. p 317.	6 45	11 28	16 11	24.8	+15.9		6 28	11 17	15 55	☉	15 27
13. sz 318.	6 46	11 28	16 10	24.5	+15.7		7 55	12 15	16 27	☉	
14. v 319.	6 48	11 29	16 09	24.2	+15.6		9 20	13 18	17 11	☉	
47. hét											
15. h 320.	6 49	11 29	16 08	24.0	+15.4		10 36	14 23	18 10	☉	
16. k 321.	6 51	11 29	16 07	23.7	+15.2		11 37	15 28	19 23	☉	
17. sz 322.	6 52	11 29	16 06	23.5	+15.0		12 22	16 30	20 45	☉	
18. cs 323.	6 54	11 29	16 05	23.3	+14.8		12 54	17 26	22 08	☉	
19. p 324.	6 55	11 29	16 04	23.0	+14.6		13 18	18 17	23 28	☉	6 50
20. sz 325.	6 56	11 30	16 03	22.8	+14.4		13 38	19 05	—	☉	
21. v 326.	6 58	11 30	16 02	22.6	+14.1		13 54	19 49	0 44	☉	
48. hét											
22. h 327.	6 59	11 30	16 01	22.4	+13.9		14 10	20 32	1 58	☉	
23. k 328.	7 01	11 31	16 00	22.1	+13.6		14 26	21 16	3 10	☉	
24. sz 329.	7 02	11 31	15 59	21.9	+13.3		14 43	22 00	4 21	☉	
25. cs 330.	7 03	11 31	15 58	21.7	+13.0		15 03	22 46	5 33	☉	
26. p 331.	7 05	11 31	15 58	21.6	+12.7		15 28	23 34	6 44	☉	21 07
27. sz 332.	7 06	11 32	15 57	21.4	+12.4		15 59	—	7 54	☉	
28. v 333.	7 07	11 32	15 57	21.2	+12.1		16 39	0 24	8 58	☉	
49. hét											
29. h 334.	7 09	11 32	15 56	21.0	+11.7		17 29	1 16	9 55	☉	
30. k 335.	7 10	11 33	15 55	20.9	+11.4		18 28	2 07	10 41	☉	

november

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 311	2 42 29	Mindenszentek; Marianna, <i>Benigna</i>
2.	2 453 312	2 46 25	Achilles, <i>Viktor</i>
3.	2 453 313	2 50 22	Győző, <i>Bálint, Ida, Szilvia, Valentin</i>
4.	2 453 314	2 54 18	Károly, <i>Karola, Karolina, Sarolta</i>
5.	2 453 315	2 58 15	Imre
6.	2 453 316	3 02 11	Lénárd
7.	2 453 317	3 06 08	Rezső, Ernő, Karina, Rudolf
8.	2 453 318	3 10 04	Zsombor, <i>Kolos</i>
9.	2 453 319	3 14 01	Tivadar, <i>Tihamér</i>
10.	2 453 320	3 17 58	Réka, <i>András, Ariel, Tünde</i>
11.	2 453 321	3 21 54	Márton, <i>Martin</i>
12.	2 453 322	3 25 51	Jónás, Renátó, <i>Emil, Krisztián, Levente, Tihamér</i>
13.	2 453 323	3 29 47	Szilvia, <i>Jenő, Miklós</i>
14.	2 453 324	3 33 44	Aliz, <i>Klementina, Vanda</i>
15.	2 453 325	3 37 40	Albert, Lipót, <i>Dezső, Richárd</i>
16.	2 453 326	3 41 37	Ödön, <i>Ágnes, Alfréd, Gertrúd, Margit, Péter</i>
17.	2 453 327	3 45 33	Hortenzia, Gergő, <i>Ede, Gergely, György, Hilda, Ildikó</i>
18.	2 453 328	3 49 30	Jenő, <i>Jolán, Ottó, Péter</i>
19.	2 453 329	3 53 27	Erzsébet
20.	2 453 330	3 57 23	Jolán, <i>Amália, Ödön, Zoltán, Zsolt</i>
21.	2 453 331	4 01 20	Olivér, <i>Amália, Mária</i>
22.	2 453 332	4 05 16	Cecília, <i>Csilla, Mária</i>
23.	2 453 333	4 09 13	Kelemen, <i>Klementina, Dániel</i>
24.	2 453 334	4 13 09	Emma, <i>Flóra, János, Virág</i>
25.	2 453 335	4 17 06	Katalin, <i>Karina, Katarina, Katica, Katinka, Kitti, Liza</i>
26.	2 453 336	4 21 02	Virág, <i>Lénárd, Péter, Szilveszter</i>
27.	2 453 337	4 24 59	Virgil, <i>Jakab</i>
28.	2 453 338	4 28 56	Stefánia, <i>Jakab</i>
29.	2 453 339	4 32 52	Taksony
30.	2 453 340	4 36 49	András, Andor, <i>Amália, Endre</i>



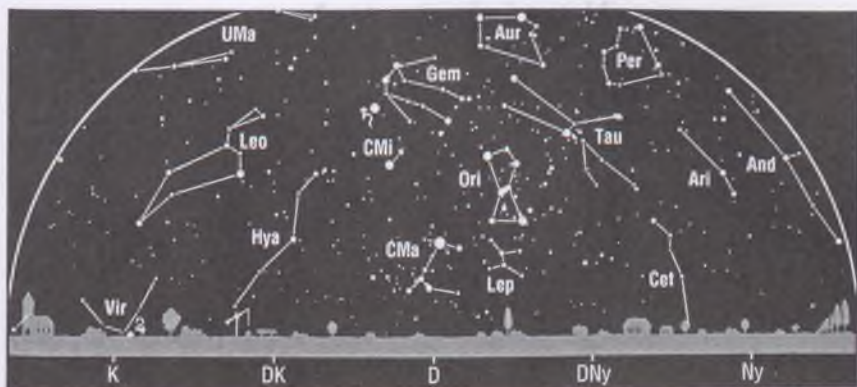
Az esti égbolt

Hold 13-tól 26-ig, Merkúr, Uránusz, Neptunusz. Tauridák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, ζ Lyr, β Lyr, β Cyg, γ Del. *Nyílthalmazok:* η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur). *Gömbthalmazok:* M15 (Peg), M2 (Aqr). *Gázködök:* M1 (Rák-köd, Tau), M57 (Gyűrűs-köd, Lyr), M27 (Súlyzó-köd, Vul). *Galaxisok:* M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet).

Csillagászati események

- 3. 21^h A Szaturnusz 5^o4'-kal délre a Holdtól.
- 4. 22^h A Vénusz 0^o5'-kal északra a Jupitertől.
- 5. 07^h Utolsó negyed.
- 9. 17^h A Jupiter 0^o8'-kal délre a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 10. 03^h A Vénusz 0^o2'-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 11. 05^h A Mars 0^o5'-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 11. 11^h A Merkúr 2^o1'-kal északra az Antarestől.
- 12. 15^h Újhold.
- 14. 04^h A Merkúr 0^o9'-kal északra a Holdtól, fedés (hazánkból nem látható).
- 18. 04^h A Neptunusz 5^o0'-kal északra a Holdtól.
- 19. 07^h Első negyed.
- 19. 14^h Az Uránusz 3^o7'-kal északra a Holdtól.
- 21. 02^h A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (22^o).
- 26. 21^h Telehold.



A hajnali égbolt

Hold 11-ig és 26-tól, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Leonidák meteorraj.

A bolygók

Merkúr: Az esti szürkületben kereshető meg a nyugati látóhatár fölött. 21-én van legnagyobb keleti kitérésben, 22ⁿ-ra a Naptól.

Vénusz: A hajnali égbolt legfeltűnőbb égitestje. A hó elején három órával, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m0 ; fázisa 0.8-ról 0.9-re növekszik.

Mars: Hajnalban látható a Szűz, majd a Mérleg csillagképben. A hó elején másfél, a végén két órával kel a Nap előtt. Fényessége 1^m7 , átmérője $3''7$.

Jupiter: Kora hajnalban kel. A hajnali égen látható a Szűz csillagképben. Fényessége -1^m7 , átmérője $32''$.

Szaturnusz: Késő este kel, és az éjszaka nagy részében látható az Ikrek csillagképben. Fényessége 0^m0 , átmérője $19''$.

Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban figyelhetők meg, az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben. Késő éjszaka nyugszanak.



$\lambda = 19^\circ$, $\varphi = 47.5$

Naptár – december

KÖZEI

dátum	Nap					Hold				
	kel	delel	nyugszik	h_d	E_t	kel	delel	nyugszik	fázis	
	h m	h m	h m	°	m	h m	h m	h m	h m	
49. hét										
1. sz 336.	7 11	11 33	15 55	20.7	+11.0	19 33	2 58	11 17	☉	
2. cs 337.	7 12	11 34	15 55	20.5	+10.6	20 41	3 46	11 45	☉	
3. p 338.	7 13	11 34	15 54	20.4	+10.2	21 50	4 32	12 08	☉	
4. sz 339.	7 15	11 34	15 54	20.3	+9.8	22 59	5 16	12 27	☉	
5. v 340.	7 16	11 35	15 54	20.1	+9.4	—	5 59	12 43	☉	1 53
50. hét										
6. h 341.	7 17	11 35	15 53	20.0	+9.0	0 09	6 41	12 58	☉	
7. k 342.	7 18	11 36	15 53	19.9	+8.6	1 21	7 25	13 14	☉	
8. sz 343.	7 19	11 36	15 53	19.8	+8.2	2 36	8 10	13 32	☉	
9. cs 344.	7 20	11 37	15 53	19.7	+7.7	3 56	9 00	13 53	☉	
10. p 345.	7 21	11 37	15 53	19.6	+7.3	5 20	9 55	14 20	☉	
11. sz 346.	7 22	11 37	15 53	19.5	+6.8	6 47	10 56	14 58	☉	
12. v 347.	7 23	11 38	15 53	19.4	+6.3	8 11	12 02	15 50	☉	2 29
51. hét										
13. h 348.	7 24	11 38	15 53	19.4	+5.9	9 22	13 10	17 00	☉	
14. k 349.	7 24	11 39	15 53	19.3	+5.4	10 15	14 15	18 22	☉	
15. sz 350.	7 25	11 39	15 53	19.2	+4.9	10 54	15 16	19 49	☉	
16. cs 351.	7 26	11 40	15 54	19.2	+4.4	11 21	16 11	21 13	☉	
17. p 352.	7 27	11 40	15 54	19.1	+3.9	11 43	17 01	22 33	☉	
18. sz 353.	7 27	11 41	15 54	19.1	+3.4	12 01	17 48	23 48	☉	17 40
19. v 354.	7 28	11 41	15 55	19.1	+2.9	12 17	18 32	—	☉	
52. hét										
20. h 355.	7 29	11 42	15 55	19.1	+2.4	12 32	19 15	1 01	☉	
21. k 356.	7 29	11 42	15 55	19.1	+2.0	12 49	19 58	2 12	☉	
22. sz 357.	7 30	11 43	15 56	19.1	+1.5	13 08	20 43	3 23	☉	
23. cs 358.	7 30	11 43	15 57	19.1	+1.0	13 31	21 30	4 34	☉	
24. p 359.	7 30	11 44	15 57	19.1	+0.5	14 00	22 20	5 44	☉	
25. sz 360.	7 31	11 44	15 58	19.1	−0.0	14 37	23 11	6 50	☉	
26. v 361.	7 31	11 45	15 59	19.1	−0.5	15 24	—	7 49	☉	16 06
53. hét										
27. h 362.	7 31	11 45	15 59	19.2	−1.0	16 20	0 02	8 38	☉	
28. k 363.	7 31	11 46	16 00	19.2	−1.5	17 23	0 53	9 17	☉	
29. sz 364.	7 32	11 46	16 01	19.3	−2.0	18 30	1 42	9 48	☉	
30. cs 365.	7 32	11 47	16 02	19.4	−2.5	19 39	2 29	10 12	☉	
31. p 366.	7 32	11 47	16 03	19.4	−3.0	20 48	3 13	10 32	☉	

december

nap	Julián dátum 12 ^h UT	ϑ_{gr} 0 ^h UT h m s	névnapok
1.	2 453 341	4 40 45	Elza, <i>Arnold, Blanka, Ede, Natália, Natasa, Oszkár</i>
2.	2 453 342	4 44 42	Melinda, Vivien, <i>Aranka, Aurélia, Dénes</i>
3.	2 453 343	4 48 38	Ferenc, <i>Olívia</i>
4.	2 453 344	4 52 35	Borbála, Barbara, <i>Boróka, Péter</i>
5.	2 453 345	4 56 31	Vilma, <i>Ábel, Csaba, Csanád, Dalma</i>
6.	2 453 346	5 00 28	Miklós, <i>Nikolett, Nikoletta</i>
7.	2 453 347	5 04 25	Ambrus
8.	2 453 348	5 08 21	Mária, <i>Emőke, Mátyás</i>
9.	2 453 349	5 12 18	Natália, <i>Ábel, Georgina, György, Györgyi, Péter, Valéria</i>
10.	2 453 350	5 16 14	Judit, <i>Livia, Loretta</i>
11.	2 453 351	5 20 11	Árpád, <i>Dániel</i>
12.	2 453 352	5 24 07	Gabriella, <i>Franciska, Johanna</i>
13.	2 453 353	5 28 04	Luca, <i>Otília, Éda, Elza, Lúcia</i>
14.	2 453 354	5 32 00	Szilárda
15.	2 453 355	5 35 57	Valér, <i>Dezső, Mária</i>
16.	2 453 356	5 39 54	Etelka, <i>Aletta, Alida, Beáta, Tihamér</i>
17.	2 453 357	5 43 50	Lázár, <i>Olimpia</i>
18.	2 453 358	5 47 47	Augusztá, <i>Dezső, Mária</i>
19.	2 453 359	5 51 43	Viola
20.	2 453 360	5 55 40	Teofil, <i>Ignác, Krisztián</i>
21.	2 453 361	5 59 36	Tamás, <i>Péter</i>
22.	2 453 362	6 03 33	Zénó, <i>Anikó</i>
23.	2 453 363	6 07 29	Viktória
24.	2 453 364	6 11 26	Ádám, Éva, <i>Adél, Alinka, Ervin, Hermina, Noémi</i>
25.	2 453 365	6 15 23	Karácsony ; <i>Eugénia, Anasztázia</i>
26.	2 453 366	6 19 19	Karácsony ; <i>István, Dénes, Előd, Stefánia</i>
27.	2 453 367	6 23 16	János
28.	2 453 368	6 27 12	Kamilla, <i>Armin, Gáspár</i>
29.	2 453 369	6 31 09	Tamás, <i>Tamara, Dávid, Gáspár</i>
30.	2 453 370	6 35 05	Dávid, <i>Dénes, Hunor, Margit, Zsolt</i>
31.	2 453 371	6 39 02	Szilveszter, <i>Darinka, Katalin, Kitti, Melánia</i>



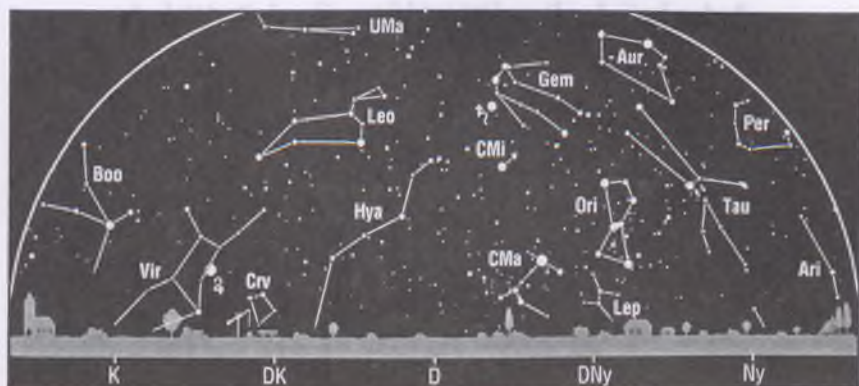
Az esti égbolt

Hold 13-tól 26-ig, Merkúr 4-ig, Uránusz, Neptunusz. Geminidák meteorraj.

Kettőscsillagok: γ And, σ Ori. **Nyílthalmazok:** η és χ Per, M45 (Plejádok, Tau), M38 (Aur), M36 (Aur), M37 (Aur), M35 (Gem). **Gömbthalmazok:** M15 (Peg), M79 (Lep). **Gázködök:** M1 (Rák-köd, Tau), M42–43 (Orion-köd, Ori). **Galaxisok:** M32 (And), M31 (Androméda-köd, And), M33 (Tri), M77 (Cet), M81–82 (UMa).

Csillagászati események

1. 03^h A Szaturnusz 5^o2-kal délre a Holdtól.
5. 02^h Utolsó negyed.
5. 08^h A Vénusz 1^o2-kal északra a Marstól.
7. 12^h A Jupiter 0^o2-kal délre a Holdtól, fedés (házánkból nem látható).
10. 01^h A Mars 2^o1-kal északra a Holdtól.
10. 06^h A Vénusz 3^o4-kal északra a Holdtól.
10. 09^h A Merkúr alsó együttállásban.
12. 02^h Újhold.
13. 18^h A Plútó együttállásban a Nappal.
15. 12^h A Neptunusz 4^o9-kal északra a Holdtól.
16. 22^h Az Uránusz 3^o6-kal északra a Holdtól.
18. 18^h Első negyed.
21. 13^h 42^m Téli napforduló.
26. 16^h Telehold.
28. 07^h A Szaturnusz 5^o0-kal délre a Holdtól.
29. 06^h A Merkúr 1^o2-kal északra a Vénusztól.
29. 22^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (22^o).



A hajnali égbolt

Hold 11-ig és 26-tól, Merkúr 16-tól, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz.

A bolygók

Merkúr: 10-én van alsó együttállásban, ezután láthatósága gyorsan javul. A hónap második felében már jól megfigyelhető a hajnali égbolton, a keleti látóhatár közelében. Helyzete megfigyelésre igen kedvező. 29-én kerül legnagyobb nyugati kitérésbe, 22"-ra a Naptól.

Vénusz: Hajnalban a keleti égbolt feltűnő égitestje. A hó elején két és fél órával, végén másfél órával kel a Nap előtt. Fényessége -4^m0 ; fázisa 0.9 körüli, lassan növekszik.

Mars: Hajnalban látható a Mérleg csillagképben. A hó elején két, a végén két és fél órával kel a Nap előtt. Fényessége 1^m6 , átmérője $4''$.

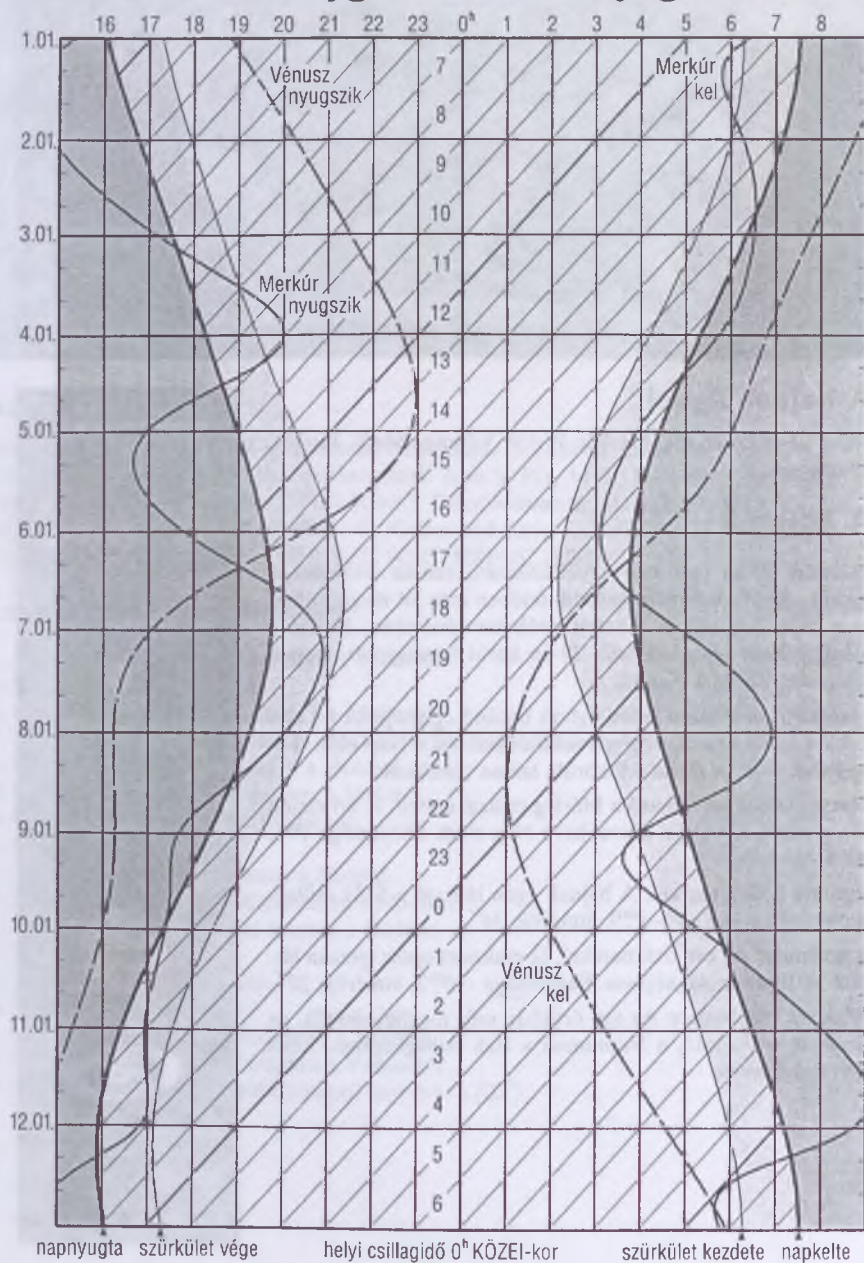
Jupiter: Éjfél után kel. A hajnali égen látható a Szűz csillagképben. Fényessége -1^m9 , átmérője $34''$.

Szaturnusz: Az esti órákban kel, és csaknem egész éjszaka látható az Ikrek csillagképben. Fényessége -0^m2 , átmérője $20''$.

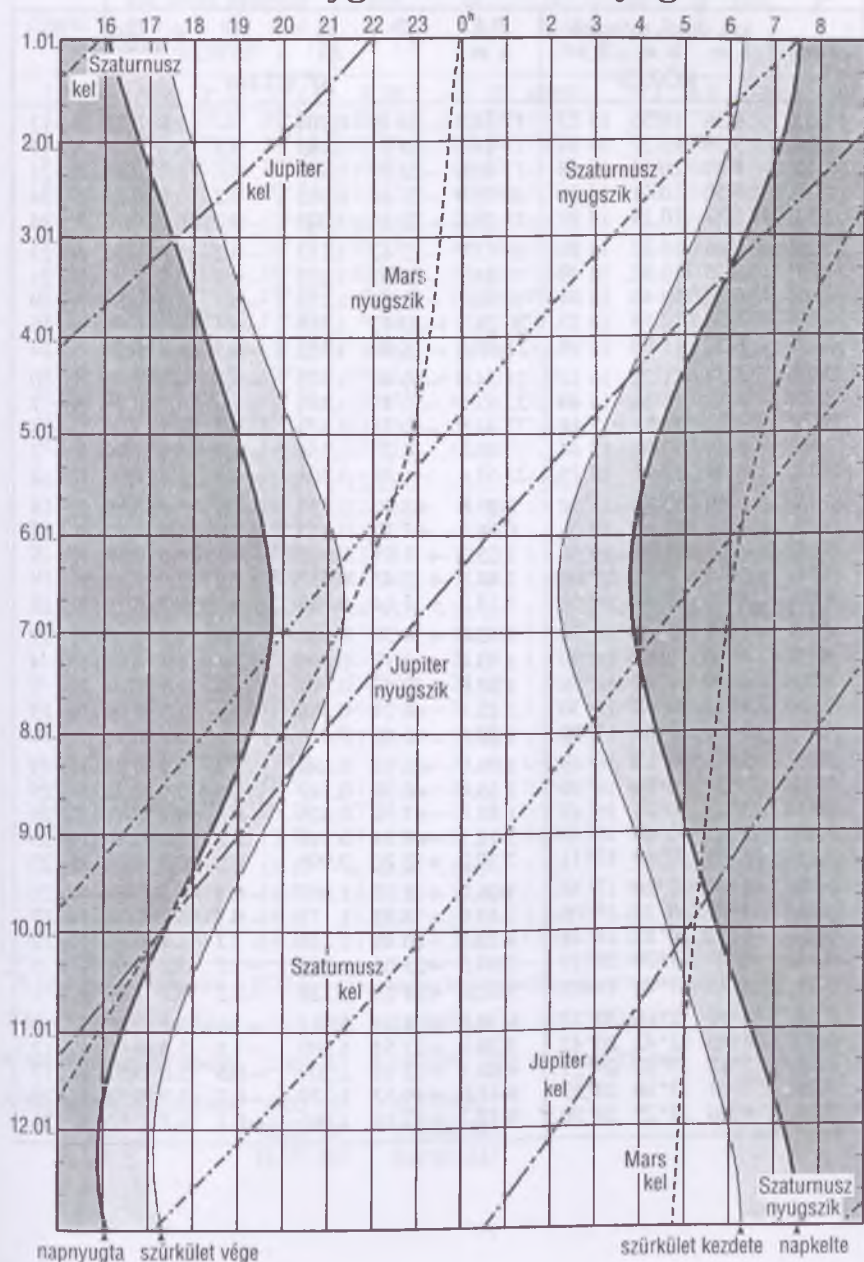
Uránusz, Neptunusz: Az esti órákban még megfigyelhetők, az Uránusz a Vízöntő, a Neptunusz a Bak csillagképben. Késő este nyugszanak.



A belső bolygók kelése és nyugvása



A külső bolygók kelése és nyugvása



Merkúr

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ø "	fázis	E "
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	6 28	10 56	15 23	17 54.9	-20 18	0.704	—	9.6	0.10	Ny 12
1.06.	5 59	10 27	14 54	17 44.2	-20 21	0.785	0.5	8.6	0.29	Ny 19
1.11.	5 49	10 14	14 38	17 49.6	-20 59	0.885	0.0	7.6	0.47	Ny 23
1.16.	5 50	10 11	14 31	18 05.9	-21 46	0.985	-0.2	6.8	0.61	Ny 24
1.21.	5 57	10 14	14 31	18 28.8	-22 24	1.075	-0.2	6.3	0.70	Ny 24
1.26.	6 06	10 22	14 38	18 55.7	-22 42	1.153	-0.2	5.8	0.77	Ny 23
1.31.	6 15	10 32	14 49	19 25.1	-22 33	1.220	-0.2	5.5	0.83	Ny 21
2.05.	6 22	10 43	15 04	19 56.1	-21 54	1.275	-0.3	5.3	0.87	Ny 19
2.10.	6 28	10 55	15 23	20 28.1	-20 42	1.319	-0.4	5.1	0.90	Ny 16
2.15.	6 32	11 09	15 46	21 00.8	-18 58	1.353	-0.5	5.0	0.93	Ny 14
2.20.	6 34	11 22	16 12	21 34.0	-16 40	1.375	-0.7	4.9	0.96	Ny 10
2.25.	6 33	11 36	16 40	22 07.7	-13 47	1.384	-1.0	4.9	0.98	Ny 7
3.01.	6 32	11 51	17 11	22 41.9	-10 21	1.379	-1.4	4.9	1.00	D 3
3.06.	6 29	12 06	17 44	23 16.5	-6 23	1.354	-1.7	5.0	1.00	K 2
3.11.	6 24	12 21	18 19	23 51.4	-1 58	1.304	-1.5	5.2	0.97	K 7
3.16.	6 19	12 36	18 54	0 25.8	+2 40	1.225	-1.3	5.5	0.90	K 11
3.21.	6 11	12 48	19 26	0 58.1	+7 10	1.115	-1.0	6.0	0.75	K 15
3.26.	6 01	12 55	19 50	1 25.3	+11 01	0.985	-0.5	6.8	0.56	K 18
3.31.	5*48	12*53	20*00	1 44.5	+13 45	0.852	0.2	7.9	0.36	K 19
4.05.	5*31	12*42	19*53	1 53.7	+15 04	0.735	—	9.2	0.19	K 16
4.10.	5*11	12*20	19*28	1 52.6	+14 50	0.645	—	10.4	0.07	K 11
4.15.	4*50	11*51	18*50	1 43.6	+13 13	0.590	—	11.4	0.01	É 4
4.20.	4*30	11*20	18*08	1 32.0	+10 47	0.571	—	11.8	0.01	Ny 5
4.25.	4*13	10*52	17*30	1 23.1	+8 24	0.584	—	11.5	0.06	Ny 13
4.30.	3*58	10*30	17*02	1 20.5	+6 48	0.623	—	10.8	0.15	Ny 19
5.05.	3*45	10*15	16*45	1 24.7	+6 13	0.680	1.3	9.9	0.23	Ny 23
5.10.	3*34	10*06	16*39	1 35.4	+6 39	0.749	0.9	9.0	0.32	Ny 25
5.15.	3*25	10*03	16*43	1 51.4	+7 56	0.826	0.5	8.1	0.41	Ny 26
5.20.	3*17	10*04	16*53	2 12.1	+9 53	0.910	0.2	7.4	0.49	Ny 25
5.25.	3*11	10*10	17*11	2 37.2	+12 20	0.998	0.0	6.7	0.58	Ny 23
5.30.	3*07	10*20	17*35	3 06.7	+15 07	1.087	-0.4	6.2	0.68	Ny 21
6.04.	3*07	10*35	18*05	3 40.9	+18 02	1.173	-0.7	5.7	0.78	Ny 17
6.09.	3*12	10*55	18*41	4 20.3	+20 48	1.248	-1.2	5.4	0.89	Ny 12
6.14.	3*23	11*20	19*19	5 04.5	+23 05	1.302	-1.7	5.2	0.97	Ny 6
6.19.	3*43	11*48	19*55	5 52.0	+24 29	1.324	-2.2	5.1	1.00	É 1
6.24.	4*10	12*16	20*23	6 39.8	+24 45	1.311	-1.6	5.1	0.97	K 6
6.29.	4*40	12*42	20*42	7 24.9	+23 54	1.269	-1.1	5.3	0.90	K 12
7.04.	5*12	13*02	20*51	8 05.7	+22 11	1.209	-0.6	5.6	0.81	K 17
7.09.	5*41	13*18	20*53	8 41.6	+19 52	1.139	-0.3	5.9	0.73	K 20
7.14.	6*06	13*29	20*50	9 12.7	+17 11	1.065	-0.1	6.3	0.66	K 24

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
7.19.	6*27	13*35	20*42	9 39.2	+14 21	0.989	0.1	6.8	0.58	K 26
7.24.	6*43	13*37	20*30	10 01.2	+11 32	0.913	0.3	7.4	0.51	K 27
7.29.	6*52	13*34	20*15	10 18.4	+8 54	0.839	0.5	8.0	0.43	K 27
8.03.	6*54	13*25	19*56	10 30.2	+6 40	0.769	0.8	8.8	0.34	K 26
8.08.	6*46	13*10	19*34	10 35.6	+5 04	0.704	1.2	9.5	0.25	K 23
8.13.	6*27	12*48	19*09	10 33.5	+4 24	0.652	—	10.3	0.15	K 18
8.18.	5*55	12*18	18*42	10 23.8	+4 56	0.619	—	10.9	0.06	K 12
8.23.	5*12	11*43	18*15	10 08.9	+6 40	0.618	—	10.9	0.01	D 5
8.28.	4*28	11*10	17*53	9 54.9	+9 03	0.658	—	10.2	0.04	Ny 8
9.02.	3*54	10*46	17*39	9 49.4	+11 07	0.743	—	9.1	0.16	Ny 14
9.07.	3*38	10*35	17*32	9 56.9	+12 04	0.863	0.2	7.8	0.35	Ny 18
9.12.	3*41	10*36	17*30	10 16.9	+11 31	1.002	-0.6	6.7	0.57	Ny 18
9.17.	4*00	10*46	17*30	10 45.7	+9 31	1.136	-1.0	5.9	0.77	Ny 15
9.22.	4*27	10*59	17*29	11 18.5	+6 27	1.246	-1.2	5.4	0.90	Ny 12
9.27.	4*57	11*13	17*27	11 52.2	+2 48	1.327	-1.3	5.1	0.97	Ny 7
10.02.	5*27	11*26	17*23	12 25.0	-1 05	1.380	-1.5	4.9	0.99	É 3
10.07.	5*56	11*38	17*18	12 56.9	-4 56	1.411	-1.5	4.8	1.00	K 1
10.12.	6*24	11*49	17*13	13 27.8	-8 37	1.423	-1.1	4.7	0.99	K 5
10.17.	6*51	12*00	17*08	13 58.1	-12 05	1.420	-0.8	4.7	0.98	K 8
10.22.	7*16	12*10	17*03	14 28.1	-15 15	1.402	-0.6	4.8	0.96	K 11
10.27.	7*40	12*20	16*59	14 58.0	-18 06	1.372	-0.4	4.9	0.94	K 13
11.01.	8 03	12 30	16 56	15 27.9	-20 33	1.329	-0.4	5.1	0.90	K 16
11.06.	8 25	12 41	16 56	15 57.7	-22 36	1.273	-0.3	5.3	0.87	K 18
11.11.	8 43	12 50	16 56	16 27.2	-24 10	1.203	-0.3	5.6	0.81	K 20
11.16.	8 58	12 58	16 59	16 55.3	-25 13	1.118	-0.3	6.0	0.74	K 22
11.21.	9 05	13 03	17 01	17 20.3	-25 40	1.019	-0.3	6.6	0.63	K 22
11.26.	9 02	13 01	17 00	17 39.0	-25 30	0.908	-0.1	7.4	0.48	K 21
12.01.	8 43	12 47	16 51	17 45.6	-24 41	0.795	0.5	8.5	0.28	K 18
12.06.	8 02	12 14	16 27	17 34.1	-23 08	0.707	—	9.5	0.08	K 10
12.11.	7 04	11 27	15 51	17 07.3	-21 05	0.679	—	9.9	0.00	É 2
12.16.	6 13	10 45	15 17	16 43.8	-19 29	0.726	—	9.3	0.13	Ny 13
12.21.	5 46	10 20	14 54	16 37.3	-19 10	0.823	0.3	8.2	0.34	Ny 19
12.26.	5 40	10 11	14 41	16 46.5	-19 54	0.934	-0.2	7.2	0.53	Ny 22
12.31.	5 46	10 11	14 35	17 05.6	-21 03	1.040	-0.3	6.5	0.66	Ny 22

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Merkúr napközben: 3.21. 06^h 6.17. 05^h 9.13. 04^h 12.10. 03^h

A Merkúr naptávolban: 2.06. 06^h 5.04. 05^h 7.31. 05^h 10.27. 04^h

A Merkúr földközben: 4.20. 06^h 0.5709 AU
8.20. 18^h 0.6139 AU
12.10. 08^h 0.6781 AU

Vénusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	9 31	14 10	18 49	21 04.9	-18 36	1.306	-4.0	12.8	0.83	K 33
1.06.	9 26	14 14	19 03	21 29.4	-16 43	1.278	-4.0	13.1	0.82	K 34
1.11.	9 20	14 18	19 17	21 53.3	-14 38	1.250	-4.0	13.4	0.81	K 35
1.16.	9 13	14 22	19 32	22 16.6	-12 24	1.221	-4.0	13.7	0.80	K 36
1.21.	9 05	14 25	19 46	22 39.4	-10 02	1.191	-4.0	14.0	0.78	K 37
1.26.	8 56	14 27	19 59	23 01.7	-7 34	1.160	-4.1	14.4	0.77	K 38
1.31.	8 47	14 30	20 13	23 23.6	-5 01	1.129	-4.1	14.8	0.75	K 39
2.05.	8 38	14 31	20 26	23 45.2	-2 25	1.096	-4.1	15.2	0.74	K 40
2.10.	8 28	14 33	20 39	0 06.4	+0 12	1.063	-4.1	15.7	0.72	K 41
2.15.	8 18	14 34	20 52	0 27.5	+2 49	1.030	-4.1	16.2	0.70	K 42
2.20.	8 08	14 35	21 05	0 48.4	+5 25	0.996	-4.2	16.8	0.69	K 43
2.25.	7 57	14 37	21 17	1 09.2	+7 58	0.961	-4.2	17.4	0.67	K 43
3.01.	7 47	14 38	21 29	1 30.0	+10 26	0.925	-4.2	18.0	0.65	K 44
3.06.	7 37	14 39	21 42	1 50.7	+12 49	0.888	-4.2	18.8	0.63	K 45
3.11.	7 27	14 40	21 54	2 11.5	+15 04	0.851	-4.3	19.6	0.60	K 45
3.16.	7 17	14 41	22 05	2 32.2	+17 12	0.814	-4.3	20.5	0.58	K 45
3.21.	7 08	14 42	22 16	2 52.8	+19 10	0.776	-4.3	21.5	0.56	K 46
3.26.	6 59	14 42	22 27	3 13.3	+20 57	0.738	-4.3	22.6	0.53	K 46
3.31.	6*50	14*43	22*36	3 33.6	+22 33	0.699	-4.4	23.9	0.50	K 46
4.05.	6*42	14*43	22*45	3 53.4	+23 57	0.660	-4.4	25.3	0.48	K 46
4.10.	6*35	14*42	22*51	4 12.7	+25 08	0.621	-4.4	26.9	0.44	K 45
4.15.	6*27	14*41	22*56	4 31.1	+26 06	0.583	-4.4	28.6	0.41	K 45
4.20.	6*20	14*38	22*58	4 48.4	+26 51	0.544	-4.5	30.7	0.38	K 44
4.25.	6*12	14*34	22*57	5 04.1	+27 22	0.506	-4.5	33.0	0.34	K 43
4.30.	6*04	14*28	22*52	5 17.9	+27 42	0.470	-4.5	35.5	0.30	K 41
5.05.	5*55	14*19	22*44	5 29.1	+27 48	0.434	-4.5	38.5	0.25	K 39
5.10.	5*44	14*07	22*31	5 37.3	+27 43	0.400	-4.5	41.7	0.21	K 36
5.15.	5*30	13*52	22*13	5 41.9	+27 26	0.370	-4.5	45.2	0.16	K 32
5.20.	5*15	13*32	21*49	5 42.3	+26 56	0.342	-4.4	48.8	0.11	K 27
5.25.	4*56	13*08	21*20	5 38.4	+26 11	0.319	-4.3	52.3	0.07	K 21
5.30.	4*34	12*40	20*45	5 30.2	+25 11	0.302	-4.1	55.2	0.03	K 14
6.04.	4*11	12*09	20*05	5 18.7	+23 57	0.292	-3.9	57.2	0.01	K 7
6.09.	3*47	11*36	19*24	5 05.8	+22 31	0.289	—	57.8	0.00	Ny 1
6.14.	3*23	11*04	18*45	4 53.3	+21 04	0.294	-4.0	56.8	0.01	Ny 9
6.19.	3*01	10*35	18*08	4 43.3	+19 45	0.306	-4.1	54.5	0.04	Ny 16
6.24.	2*40	10*09	17*38	4 36.9	+18 42	0.325	-4.3	51.3	0.08	Ny 23
6.29.	2*22	9*47	17*13	4 34.4	+17 59	0.349	-4.4	47.8	0.12	Ny 28
7.04.	2*05	9*29	16*53	4 35.9	+17 37	0.378	-4.4	44.2	0.17	Ny 33
7.09.	1*51	9*15	16*39	4 40.9	+17 32	0.409	-4.5	40.8	0.22	Ny 36
7.14.	1*39	9*04	16*28	4 49.0	+17 41	0.443	-4.5	37.7	0.26	Ny 39

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D " '	Δ AU	m \varnothing fázis E " " " "			
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
7.19.	1*28	8*55	16*21	4 59.8	+17 59	0.479	-4.5	34.8	0.30	Ny 41
7.24.	1*20	8*48	16*17	5 12.8	+18 23	0.516	-4.5	32.3	0.34	Ny 43
7.29.	1*13	8*43	16*15	5 27.6	+18 49	0.554	-4.4	30.1	0.38	Ny 44
8.03.	1*07	8*40	16*14	5 44.1	+19 13	0.593	-4.4	28.2	0.41	Ny 45
8.08.	1*04	8*39	16*14	6 02.0	+19 34	0.631	-4.4	26.4	0.45	Ny 45
8.13.	1*02	8*38	16*15	6 21.1	+19 48	0.671	-4.3	24.9	0.48	Ny 46
8.18.	1*01	8*38	16*15	6 41.1	+19 54	0.710	-4.3	23.5	0.50	Ny 46
8.23.	1*03	8*39	16*16	7 01.9	+19 51	0.749	-4.3	22.3	0.53	Ny 46
8.28.	1*06	8*41	16*17	7 23.3	+19 36	0.787	-4.2	21.2	0.56	Ny 45
9.02.	1*10	8*44	16*16	7 45.3	+19 10	0.826	-4.2	20.2	0.58	Ny 45
9.07.	1*16	8*46	16*15	8 07.6	+18 32	0.864	-4.2	19.3	0.60	Ny 45
9.12.	1*24	8*49	16*14	8 30.2	+17 42	0.901	-4.2	18.5	0.62	Ny 44
9.17.	1*32	8*52	16*11	8 52.9	+16 39	0.938	-4.2	17.8	0.64	Ny 43
9.22.	1*41	8*55	16*08	9 15.6	+15 24	0.975	-4.1	17.1	0.67	Ny 43
9.27.	1*51	8*58	16*04	9 38.4	+13 58	1.011	-4.1	16.5	0.68	Ny 42
10.02.	2*02	9*01	15*59	10 01.0	+12 22	1.046	-4.1	16.0	0.70	Ny 41
10.07.	2*13	9*04	15*54	10 23.6	+10 36	1.080	-4.1	15.4	0.72	Ny 40
10.12.	2*25	9*07	15*48	10 46.2	+8 41	1.114	-4.1	15.0	0.74	Ny 39
10.17.	2*37	9*09	15*41	11 08.6	+6 39	1.147	-4.1	14.5	0.76	Ny 38
10.22.	2*49	9*12	15*34	11 31.0	+4 30	1.180	-4.0	14.1	0.77	Ny 37
10.27.	3*01	9*15	15*27	11 53.3	+2 18	1.211	-4.0	13.8	0.79	Ny 36
11.01.	3 14	9 17	15 20	12 15.7	+0 01	1.242	-4.0	13.4	0.80	Ny 35
11.06.	3 27	9 20	15 13	12 38.2	-2 17	1.271	-4.0	13.1	0.82	Ny 34
11.11.	3 40	9 23	15 05	13 00.9	-4 35	1.300	-4.0	12.8	0.83	Ny 33
11.16.	3 53	9 26	14 59	13 23.7	-6 52	1.328	-4.0	12.6	0.84	Ny 32
11.21.	4 07	9 30	14 52	13 46.9	-9 07	1.355	-4.0	12.3	0.85	Ny 31
11.26.	4 21	9 34	14 46	14 10.4	-11 17	1.381	-4.0	12.1	0.87	Ny 30
12.01.	4 34	9 38	14 41	14 34.3	-13 21	1.407	-4.0	11.9	0.88	Ny 29
12.06.	4 48	9 43	14 36	14 58.6	-15 17	1.431	-4.0	11.7	0.89	Ny 28
12.11.	5 02	9 48	14 32	15 23.5	-17 04	1.454	-4.0	11.5	0.90	Ny 26
12.16.	5 16	9 53	14 30	15 48.8	-18 40	1.476	-4.0	11.3	0.91	Ny 25
12.21.	5 29	9 59	14 29	16 14.6	-20 03	1.498	-3.9	11.1	0.92	Ny 24
12.26.	5 42	10 06	14 29	16 40.8	-21 12	1.518	-3.9	11.0	0.92	Ny 23
12.31.	5 54	10 13	14 32	17 07.5	-22 07	1.538	-3.9	10.9	0.93	Ny 22

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Vénusz napközben: 3.21. 22^h 11.01. 19^h

A Vénusz naptávolban: 7.12. 08^h

A Vénusz földközben: 6.08. 07^h 0.2889 AU

Mars

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	11 17	17 36	23 57	0 33.6	+3 41	1.111	0.2	8.4	0.87 K	89
1.11.	10 48	17 19	23 51	0 55.9	+6 17	1.201	0.4	7.8	0.88 K	85
1.21.	10 21	17 03	23 46	1 18.9	+8 49	1.292	0.6	7.3	0.88 K	81
1.31.	9 53	16 47	23 42	1 42.5	+11 17	1.384	0.7	6.8	0.89 K	77
2.10.	9 27	16 32	23 38	2 06.7	+13 37	1.476	0.9	6.3	0.89 K	74
2.20.	9 02	16 17	23 34	2 31.5	+15 48	1.568	1.0	6.0	0.90 K	70
3.01.	8 38	16 04	23 30	2 56.9	+17 49	1.659	1.1	5.6	0.91 K	66
3.11.	8 15	15 50	23 26	3 22.9	+19 37	1.748	1.2	5.4	0.91 K	63
3.21.	7 53	15 37	23 22	3 49.4	+21 10	1.836	1.3	5.1	0.92 K	59
3.31.	7*34	15*25	23*16	4 16.4	+22 28	1.922	1.4	4.9	0.93 K	56
4.10.	7*16	15*13	23*10	4 43.9	+23 28	2.004	1.5	4.7	0.93 K	52
4.20.	7*00	15*01	23*03	5 11.6	+24 11	2.083	1.6	4.5	0.94 K	49
4.30.	6*46	14*50	22*53	5 39.4	+24 35	2.159	1.6	4.3	0.95 K	45
5.10.	6*34	14*38	22*42	6 07.3	+24 40	2.230	1.7	4.2	0.96 K	42
5.20.	6*24	14*27	22*29	6 35.2	+24 27	2.297	1.7	4.1	0.96 K	39
5.30.	6*15	14*15	22*14	7 02.8	+23 55	2.360	1.8	4.0	0.97 K	35
6.09.	6*08	14*03	21*57	7 30.1	+23 05	2.417	1.8	3.9	0.97 K	32
6.19.	6*02	13*50	21*38	7 56.9	+21 59	2.469	1.8	3.8	0.98 K	29
6.29.	5*57	13*37	21*17	8 23.3	+20 37	2.515	1.8	3.7	0.98 K	26
7.09.	5*52	13*23	20*55	8 49.2	+19 01	2.555	1.8	3.7	0.99 K	22
7.19.	5*47	13*09	20*31	9 14.6	+17 13	2.590	1.8	3.6	0.99 K	19
7.29.	5*43	12*55	20*06	9 39.6	+15 13	2.618	1.8	3.6	0.99 K	16
8.08.	5*38	12*40	19*41	10 04.1	+13 03	2.640	1.8	3.5	1.00 K	13
8.18.	5*34	12*25	19*15	10 28.2	+10 45	2.656	1.8	3.5	1.00 K	9
8.28.	5*30	12*09	18*48	10 52.1	+8 21	2.665	1.8	3.5	1.00 K	6
9.07.	5*25	11*53	18*21	11 15.7	+5 51	2.667	1.7	3.5	1.00 K	3
9.17.	5*20	11*38	17*54	11 39.3	+3 17	2.663	1.7	3.5	1.00 É	1
9.27.	5*16	11*22	17*27	12 02.9	+0 40	2.652	1.7	3.5	1.00 Ny	4
10.07.	5*12	11*06	17*00	12 26.6	-1 57	2.635	1.7	3.6	1.00 Ny	7
10.17.	5*08	10*51	16*33	12 50.5	-4 34	2.612	1.7	3.6	1.00 Ny	11
10.27.	5*04	10*35	16*06	13 14.8	-7 08	2.582	1.7	3.6	1.00 Ny	14
11.06.	5 00	10 21	15 40	13 39.4	-9 38	2.546	1.7	3.7	0.99 Ny	17
11.16.	4 57	10 07	15 15	14 04.7	-12 02	2.504	1.7	3.7	0.99 Ny	21
11.26.	4 54	9 53	14 51	14 30.5	-14 18	2.457	1.7	3.8	0.98 Ny	24
12.06.	4 52	9 40	14 28	14 57.1	-16 24	2.405	1.7	3.9	0.98 Ny	28
12.16.	4 49	9 28	14 06	15 24.4	-18 19	2.349	1.6	4.0	0.97 Ny	31
12.26.	4 47	9 17	13 46	15 52.4	-19 59	2.288	1.6	4.1	0.97 Ny	34

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Mars naptávolban: 8.08. 00^h

A Mars centrálmeridiánjának hosszúsága (fok)

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	224	280	357	55	124	184	253	310	7	72	128	195
2.	214	270	347	46	115	174	243	300	357	62	118	185
3.	204	261	337	36	105	164	233	291	347	52	108	175
4.	194	251	328	26	95	155	223	281	337	43	99	165
5.	185	241	318	16	86	145	214	271	327	33	89	156
6.	175	231	308	7	76	135	204	261	317	23	79	146
7.	165	221	298	357	66	126	194	252	308	13	69	136
8.	155	212	289	347	57	116	184	242	298	3	59	126
9.	145	202	279	338	47	106	175	232	288	353	50	117
10.	136	192	269	328	37	97	165	222	278	344	40	107
11.	126	182	259	318	27	87	155	212	268	334	30	97
12.	116	173	250	309	18	77	145	203	259	324	20	87
13.	106	163	240	299	8	67	136	193	249	314	11	78
14.	96	153	230	289	358	58	126	183	239	304	1	68
15.	87	143	221	279	349	48	116	173	229	295	351	58
16.	77	133	211	270	339	38	106	163	219	285	341	49
17.	67	124	201	260	329	29	97	154	209	275	331	39
18.	57	114	191	250	320	19	87	144	200	265	322	29
19.	47	104	182	241	310	9	77	134	190	255	312	19
20.	38	94	172	231	300	359	67	124	180	246	302	10
21.	28	85	162	221	291	350	58	114	170	236	292	0
22.	18	75	152	212	281	340	48	105	160	226	283	350
23.	8	65	143	202	271	330	38	95	151	216	273	340
24.	358	55	133	192	261	321	28	85	141	206	263	331
25.	349	46	123	183	252	311	19	75	131	197	253	321
26.	339	36	114	173	242	301	9	65	121	187	244	311
27.	329	26	104	163	232	291	359	56	111	177	234	301
28.	319	16	94	153	223	282	349	46	101	167	224	292
29.	309	7	84	144	213	272	340	36	92	157	214	282
30.	300		75	134	203	262	330	26	82	148	204	272
31.	290		65		194		320	16		138		263

A centrálmeridián hosszúságváltozása

óra	°	óra	°	óra	°
1	14.6	9	131.4	17	248.3
2	29.2	10	146.0	18	262.9
3	43.8	11	160.6	19	277.5
4	58.4	12	175.2	20	292.1
5	73.0	13	189.9	21	306.7
6	87.6	14	204.5	22	321.3
7	102.2	15	219.1	23	335.9
8	116.8	16	233.7	24	350.5

Jupiter

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*					0 ^h UT-kor			
1.01.	21 54	4 25	10 51	11 21.0	+5 30	4.973	-2.2	39.6	Ny 111
1.11.	21 14	3 45	10 12	11 20.9	+5 35	4.830	-2.3	40.8	Ny 121
1.21.	20 33	3 04	9 32	11 19.5	+5 46	4.702	-2.3	41.9	Ny 132
1.31.	19 49	2 23	8 52	11 17.1	+6 04	4.594	-2.4	42.9	Ny 143
2.10.	19 05	1 40	8 11	11 13.6	+6 29	4.510	-2.4	43.7	Ny 154
2.20.	18 19	0 56	7 29	11 09.4	+6 57	4.454	-2.5	44.3	Ny 165
3.01.	17 33	0 12	6 47	11 04.7	+7 28	4.427	-2.5	44.5	Ny 176
3.11.	16 46	23 24	6 06	10 59.8	+7 58	4.432	-2.5	44.5	K 172
3.21.	16 00	22 40	5 24	10 55.2	+8 27	4.468	-2.5	44.1	K 161
3.31.	15*15	21*57	4*42	10 51.1	+8 51	4.533	-2.4	43.5	K 150
4.10.	14*31	21*14	4*01	10 47.8	+9 10	4.624	-2.4	42.6	K 139
4.20.	13*49	20*32	3*20	10 45.5	+9 22	4.737	-2.3	41.6	K 129
4.30.	13*08	19*52	2*40	10 44.3	+9 28	4.867	-2.2	40.5	K 119
5.10.	12*29	19*13	2*01	10 44.2	+9 26	5.011	-2.2	39.3	K 109
5.20.	11*51	18*35	1*22	10 45.3	+9 17	5.164	-2.1	38.2	K 100
5.30.	11*15	17*57	0*44	10 47.4	+9 02	5.321	-2.0	37.1	K 91
6.09.	10*41	17*21	0*06	10 50.5	+8 42	5.478	-2.0	36.0	K 82
6.19.	10*07	16*46	23*25	10 54.6	+8 15	5.632	-1.9	35.0	K 74
6.29.	9*35	16*12	22*48	10 59.4	+7 44	5.779	-1.9	34.1	K 65
7.09.	9*04	15*38	22*11	11 04.9	+7 08	5.917	-1.8	33.3	K 57
7.19.	8*34	15*05	21*35	11 11.0	+6 29	6.043	-1.8	32.6	K 50
7.29.	8*04	14*32	20*59	11 17.6	+5 46	6.155	-1.7	32.0	K 42
8.08.	7*35	14*00	20*24	11 24.6	+5 00	6.251	-1.7	31.5	K 34
8.18.	7*07	13*28	19*48	11 32.0	+4 13	6.329	-1.7	31.1	K 27
8.28.	6*39	12*56	19*13	11 39.6	+3 23	6.389	-1.7	30.9	K 19
9.07.	6*11	12*24	18*38	11 47.4	+2 33	6.429	-1.7	30.7	K 11
9.17.	5*43	11*53	18*02	11 55.3	+1 41	6.448	-1.7	30.6	K 4
9.27.	5*15	11*21	17*27	12 03.2	+0 50	6.446	-1.7	30.6	Ny 4
10.07.	4*47	10*50	16*52	12 11.1	-0 01	6.423	-1.7	30.7	Ny 12
10.17.	4*20	10*18	16*17	12 18.9	-0 51	6.379	-1.7	30.9	Ny 19
10.27.	3*51	9*47	15*42	12 26.5	-1 39	6.315	-1.7	31.2	Ny 27
11.06.	3 23	9 15	15 06	12 33.9	-2 26	6.230	-1.7	31.6	Ny 35
11.16.	2 53	8 42	14 31	12 40.9	-3 09	6.128	-1.7	32.2	Ny 43
11.26.	2 24	8 09	13 55	12 47.5	-3 49	6.009	-1.8	32.8	Ny 52
12.06.	1 53	7 36	13 19	12 53.5	-4 25	5.875	-1.8	33.6	Ny 60
12.16.	1 21	7 02	12 43	12 58.8	-4 57	5.729	-1.9	34.4	Ny 69
12.26.	0 48	6 27	12 06	13 03.4	-5 23	5.575	-1.9	35.4	Ny 78

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Jupiter földközben: 3.04. 09^h 4.4257 AU

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) I. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	265	123	26	244	301	153	204	52	259	310	159	212
2.	63	281	184	42	99	311	2	210	57	107	317	10
3.	221	79	342	200	257	108	159	7	215	265	115	168
4.	19	237	140	358	55	266	317	165	12	63	272	326
5.	177	35	298	156	213	64	115	323	170	221	70	123
6.	335	193	96	314	10	221	273	120	328	18	228	281
7.	133	351	254	112	168	19	70	278	125	176	26	79
8.	291	149	52	270	326	177	228	76	283	334	183	237
9.	89	307	211	68	124	335	26	233	81	131	341	35
10.	247	105	9	226	282	132	183	31	238	289	139	193
11.	45	263	167	24	80	290	341	188	36	87	297	350
12.	203	62	325	182	237	88	139	346	194	245	94	148
13.	1	220	123	340	35	246	296	144	351	42	252	306
14.	159	18	281	137	193	43	94	301	149	200	50	104
15.	317	176	79	295	351	201	252	99	307	358	208	262
16.	115	334	237	93	149	359	49	257	104	155	5	60
17.	273	132	35	251	306	156	207	54	262	313	163	217
18.	71	290	193	49	104	314	5	212	60	111	321	15
19.	229	88	351	207	262	112	162	10	218	269	119	173
20.	27	246	149	5	60	269	320	167	15	66	277	331
21.	185	44	307	163	217	67	118	325	173	224	74	129
22.	343	202	105	321	15	225	275	123	331	22	232	287
23.	141	0	263	118	173	23	73	280	128	179	30	85
24.	299	158	61	276	331	180	231	78	286	337	188	242
25.	97	316	219	74	129	338	28	236	84	135	345	40
26.	255	114	17	232	286	136	186	33	241	293	143	198
27.	53	272	175	30	84	293	344	191	39	90	301	356
28.	211	70	332	188	242	91	141	349	197	248	99	154
29.	9	228	130	346	40	249	299	146	354	46	257	312
30.	167		288	143	197	46	97	304	152	204	54	110
31.	325		86		355		254	102		1		268

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	0	10	20 ^{perc}	30	40	50
0	0.0	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5
1	36.6	42.7	48.8	54.9	61.0	67.1
2	73.2	79.3	85.4	91.5	97.5	103.6
3	109.7	115.8	121.9	128.0	134.1	140.2
4	146.3	152.4	158.5	164.6	170.7	176.8
5	182.9	189.0	195.1	201.2	207.3	213.4
6	219.5	225.6	231.7	237.8	243.9	250.0
7	256.1	262.2	268.3	274.4	280.5	286.6
8	292.7	298.8	304.9	311.0	317.0	323.1
9	329.2	335.3	341.4	347.5	353.6	359.7

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) II. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	258	239	281	263	91	66	248	220	191	12	345	169
2.	48	30	72	53	241	216	38	10	341	162	135	319
3.	198	180	222	203	31	6	188	160	131	312	285	109
4.	349	331	12	354	181	156	338	310	281	102	75	260
5.	139	121	163	144	332	306	128	100	71	252	225	50
6.	289	271	313	294	122	96	279	250	221	42	15	200
7.	80	62	104	85	272	246	69	40	11	192	165	350
8.	230	212	254	235	62	37	219	190	161	343	316	140
9.	21	3	44	25	212	187	9	340	311	133	106	291
10.	171	153	195	176	3	337	159	130	101	283	256	81
11.	321	303	345	326	153	127	309	280	251	73	46	231
12.	112	94	136	116	303	277	99	70	41	223	196	21
13.	262	244	286	266	93	67	249	220	191	13	346	171
14.	52	35	76	57	243	217	39	10	341	163	136	322
15.	203	185	227	207	33	7	189	160	131	313	287	112
16.	353	335	17	357	184	157	339	310	281	103	77	262
17.	143	126	168	148	334	307	129	100	71	253	227	52
18.	294	276	318	298	124	97	279	250	221	43	17	202
19.	84	67	108	88	274	248	69	40	11	193	167	353
20.	235	217	259	238	64	38	219	190	161	344	317	143
21.	25	8	49	29	214	188	9	340	311	134	107	293
22.	175	158	199	179	5	338	159	130	101	284	258	83
23.	326	308	350	329	155	128	309	280	252	74	48	234
24.	116	99	140	119	305	278	99	70	42	224	198	24
25.	267	249	290	270	95	68	249	220	192	14	348	174
26.	57	40	81	60	245	218	39	10	342	164	138	324
27.	207	190	231	210	35	8	189	160	132	314	288	114
28.	358	340	21	0	185	158	339	310	282	104	79	265
29.	148	131	172	150	335	308	129	100	72	254	229	55
30.	299		322	301	126	98	279	250	222	45	19	205
31.	89		112		276		70	41		195		355

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	perc					
	0	10	20	30	40	50
0	0.0	6.0	12.1	18.1	24.2	30.2
1	36.3	42.3	48.4	54.4	60.5	66.5
2	72.5	78.5	84.6	90.6	96.7	102.7
3	108.8	114.8	120.9	126.9	133.0	139.0
4	145.1	151.1	157.2	163.2	169.3	175.3
5	181.3	187.3	193.4	199.4	205.5	211.5
6	217.6	223.6	229.7	235.7	241.8	247.8
7	253.8	259.8	265.9	271.9	278.0	284.0
8	290.1	296.1	302.2	308.2	314.3	320.3
9	326.4	332.4	338.5	344.5	350.5	356.6

Szaturnusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° ' "	Δ AU	m	ø "	b "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	15 52	23 42	7 36	6 42.2	+22 25	8.050	-0.5	20.6	-23.6	K 179
1.11.	15 09	22 59	6 54	6 38.7	+22 29	8.067	-0.4	20.6	-23.7	K 169
1.21.	14 26	22 17	6 12	6 35.4	+22 34	8.115	-0.3	20.5	-23.7	K 158
1.31.	13 44	21 35	5 30	6 32.5	+22 37	8.192	-0.3	20.3	-23.6	K 147
2.10.	13 02	20 53	4 48	6 30.1	+22 41	8.295	-0.2	20.0	-23.4	K 136
2.20.	12 20	20 12	4 08	6 28.4	+22 43	8.420	-0.2	19.7	-23.1	K 126
3.01.	11 40	19 32	3 28	6 27.5	+22 46	8.564	-0.1	19.4	-22.8	K 116
3.11.	11 00	18 52	2 48	6 27.3	+22 47	8.719	0.0	19.1	-22.4	K 106
3.21.	10 22	18 14	2 10	6 28.0	+22 48	8.882	0.0	18.7	-22.0	K 96
3.31.	9*44	17*36	1*32	6 29.5	+22 49	9.049	0.1	18.4	-21.6	K 86
4.10.	9*07	16*59	0*55	6 31.7	+22 49	9.213	0.1	18.0	-21.1	K 77
4.20.	8*30	16*23	0*18	6 34.6	+22 48	9.371	0.1	17.7	-20.7	K 68
4.30.	7*55	15*47	23*39	6 38.1	+22 46	9.520	0.1	17.5	-20.4	K 59
5.10.	7*20	15*12	23*03	6 42.1	+22 43	9.655	0.1	17.2	-19.9	K 50
5.20.	6*45	14*37	22*28	6 46.6	+22 40	9.774	0.1	17.0	-19.6	K 41
5.30.	6*11	14*02	21*53	6 51.4	+22 35	9.874	0.1	16.8	-19.2	K 33
6.09.	5*38	13*28	21*18	6 56.6	+22 29	9.954	0.1	16.7	-19.0	K 25
6.19.	5*04	12*54	20*44	7 02.0	+22 23	10.013	0.1	16.6	-18.7	K 16
6.29.	4*31	12*20	20*09	7 07.5	+22 15	10.048	0.1	16.5	-18.4	K 8
7.09.	3*58	11*46	19*35	7 13.0	+22 07	10.060	0.1	16.5	-18.2	Ny 0
7.19.	3*25	11*13	19*00	7 18.6	+21 58	10.047	0.1	16.5	-18.0	Ny 9
7.29.	2*52	10*39	18*25	7 24.0	+21 48	10.012	0.1	16.6	-17.9	Ny 17
8.08.	2*19	10*05	17*50	7 29.3	+21 38	9.953	0.2	16.7	-17.8	Ny 25
8.18.	1*46	9*30	17*15	7 34.4	+21 27	9.872	0.2	16.8	-17.7	Ny 34
8.28.	1*12	8*56	16*39	7 39.1	+21 17	9.771	0.2	17.0	-17.7	Ny 42
9.07.	0*38	8*21	16*03	7 43.5	+21 07	9.652	0.2	17.2	-17.8	Ny 51
9.17.	0*04	7*45	15*27	7 47.4	+20 58	9.517	0.2	17.5	-17.9	Ny 59
9.27.	23*25	7*09	14*50	7 50.8	+20 50	9.368	0.2	17.7	-17.9	Ny 68
10.07.	22*49	6*33	14*13	7 53.5	+20 44	9.210	0.2	18.0	-18.1	Ny 78
10.17.	22*12	5*55	13*35	7 55.6	+20 39	9.047	0.2	18.4	-18.4	Ny 87
10.27.	21*34	5*17	12*57	7 56.9	+20 36	8.881	0.1	18.7	-18.6	Ny 97
11.06.	20 55	4 39	12 18	7 57.5	+20 35	8.720	0.1	19.1	-19.0	Ny 107
11.16.	20 16	3 59	11 39	7 57.3	+20 37	8.566	0.0	19.4	-19.3	Ny 117
11.26.	19 35	3 19	10 59	7 56.3	+20 41	8.426	0.0	19.7	-19.7	Ny 127
12.06.	18 53	2 38	10 18	7 54.6	+20 46	8.304	-0.1	20.0	-20.1	Ny 138
12.16.	18 11	1 56	9 37	7 52.3	+20 54	8.204	-0.2	20.3	-20.6	Ny 148
12.26.	17 28	1 14	8 56	7 49.4	+21 02	8.131	-0.3	20.4	-20.9	Ny 159

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

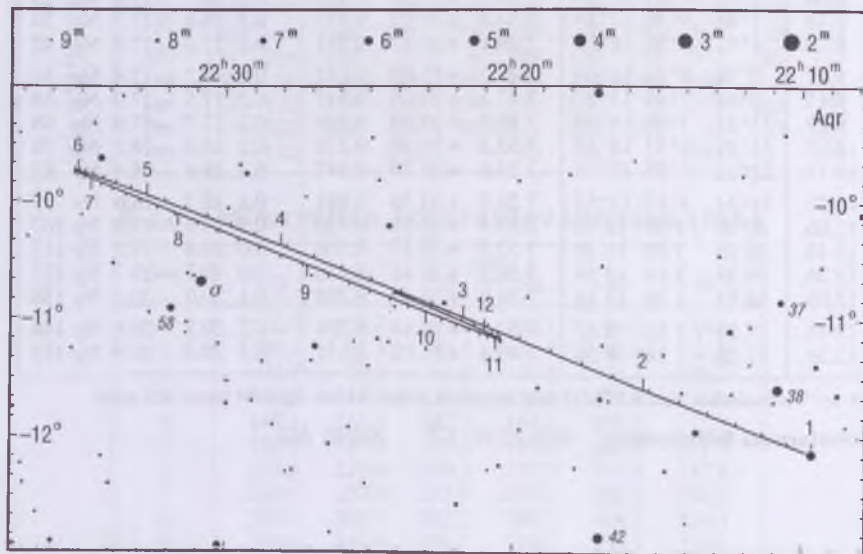
A Szaturnusz földközelen: 2003.12.31. 17^h 8.0501 AU

Uránusz

dátum	kel, delel, nyugszik			RA h m	D ° '	Δ AU	m ϕ E			
	h m	h m	h m							
KÖZEI*				0 ^h UT-kor						
1.01.	10 03	15 11	20 20	22 09.7	−12 08	20.654	5.9	3.4	K	50
1.21.	8 46	13 56	19 06	22 13.2	−11 48	20.879	5.9	3.4	K	31
2.10.	7 30	12 42	17 54	22 17.4	−11 24	21.006	5.9	3.4	K	12
3.01.	6 14	11 28	16 41	22 21.8	−10 59	21.024	5.9	3.4	Ny	8
3.21.	4 58	10 13	15 29	22 26.0	−10 36	20.931	5.9	3.4	Ny	26
4.10.	3*41	8*58	14*15	22 29.7	−10 14	20.738	5.9	3.4	Ny	45
4.30.	2*24	7*42	13*01	22 32.6	−9 58	20.468	5.9	3.4	Ny	64
5.20.	1*07	6*26	11*45	22 34.5	−9 47	20.149	5.8	3.5	Ny	83
6.09.	23*44	5*08	10*27	22 35.3	−9 44	19.817	5.8	3.6	Ny	102
6.29.	22*26	3*49	9*08	22 34.8	−9 48	19.507	5.8	3.6	Ny	121
7.19.	21*06	2*28	7*47	22 33.2	−9 58	19.256	5.7	3.7	Ny	140
8.08.	19*46	1*07	6*25	22 30.7	−10 13	19.094	5.7	3.7	Ny	160
8.28.	18*26	23*42	5*02	22 27.8	−10 30	19.042	5.7	3.7	Ny	179
9.17.	17*06	22*20	3*39	22 24.9	−10 47	19.108	5.7	3.7	K	160
10.07.	15*46	20*59	2*17	22 22.4	−11 00	19.286	5.8	3.7	K	139
10.27.	14*26	19*39	0*56	22 20.8	−11 09	19.554	5.8	3.6	K	119
11.16.	13 07	18 20	23 33	22 20.5	−11 10	19.879	5.8	3.5	K	99
12.06.	11 49	17 02	22 16	22 21.4	−11 04	20.223	5.9	3.5	K	79
12.26.	10 31	15 46	21 00	22 23.5	−10 51	20.545	5.9	3.4	K	59

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Uránusz földközben: 8.26. 20^h 19.0416 AU

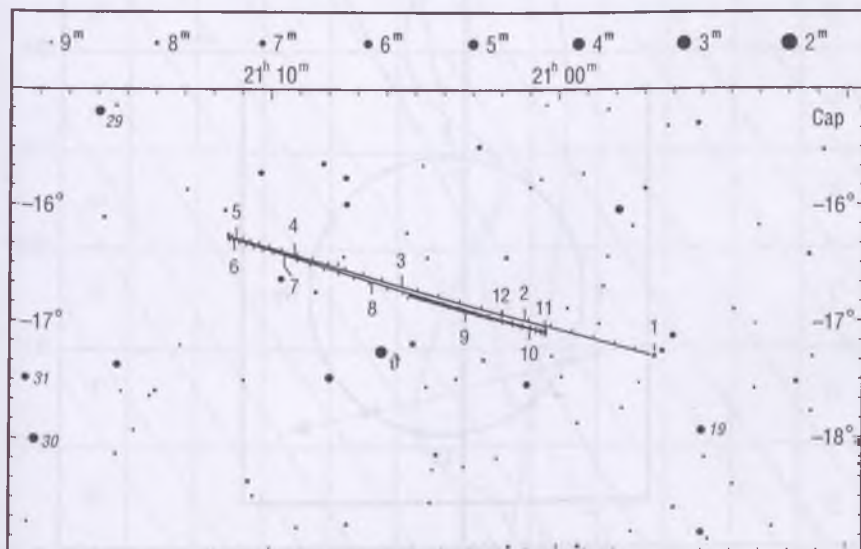


Neptunusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	0 ^h UT-kor			
	KÖZEI*						m	ø	E	
1.01.	9 15	13 59	18 42	20 56.6	-17 18	30.906	8.0	2.2	K	32
1.21.	7 58	12 43	17 27	20 59.5	-17 07	31.036	8.0	2.2	K	12
2.10.	6 42	11 27	16 13	21 02.5	-16 54	31.052	8.0	2.2	Ny	7
3.01.	5 25	10 11	14 58	21 05.5	-16 42	30.954	8.0	2.2	Ny	27
3.21.	4 08	8 55	13 43	21 08.0	-16 31	30.754	8.0	2.2	Ny	46
4.10.	2*51	7*39	12*27	21 10.0	-16 23	30.475	7.9	2.2	Ny	65
4.30.	1*33	6*21	11*10	21 11.2	-16 18	30.149	7.9	2.3	Ny	85
5.20.	0*14	5*03	9*51	21 11.5	-16 16	29.812	7.9	2.3	Ny	104
6.09.	22*51	3*44	8*32	21 11.0	-16 19	29.502	7.9	2.3	Ny	123
6.29.	21*32	2*24	7*12	21 09.7	-16 25	29.256	7.9	2.3	Ny	143
7.19.	20*12	1*03	5*51	21 07.9	-16 33	29.101	7.8	2.3	Ny	162
8.08.	18*52	23*39	4*29	21 05.7	-16 43	29.056	7.8	2.4	K	178
8.28.	17*32	22*18	3*07	21 03.6	-16 52	29.128	7.8	2.3	K	158
9.17.	16*12	20*57	1*46	21 01.9	-17 00	29.308	7.9	2.3	K	139
10.07.	14*53	19*38	0*26	21 00.7	-17 05	29.577	7.9	2.3	K	119
10.27.	13*34	18*19	23*03	21 00.4	-17 06	29.901	7.9	2.3	K	99
11.16.	12 16	17 01	21 45	21 01.0	-17 04	30.244	7.9	2.3	K	79
12.06.	10 58	15 44	20 29	21 02.4	-16 58	30.564	7.9	2.2	K	59
12.26.	9 41	14 27	19 13	21 04.6	-16 49	30.823	8.0	2.2	K	39

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Neptunusz földközeli: 8.05. 17^h 29.0553 AU

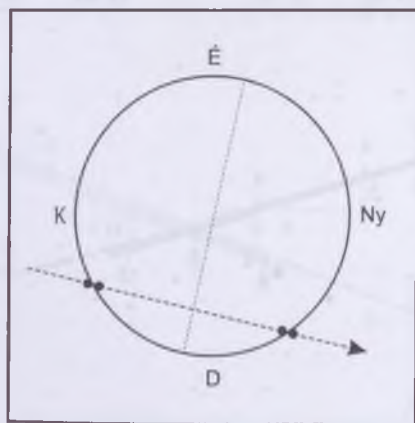


Plútó

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m s	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	5 26	10 24	15 21	17 20 59	-14 29 17	31.654	13.9	0.1	Ny 21
1.21.	4 11	9 08	14 05	17 23 45	-14 31 04	31.496	13.9	0.1	Ny 40
2.10.	2 54	7 51	12 49	17 25 59	-14 30 42	31.248	13.9	0.1	Ny 59
3.01.	1 37	6 34	11 32	17 27 29	-14 28 32	30.941	13.9	0.1	Ny 79
3.21.	0 19	5 16	10 14	17 28 06	-14 25 09	30.611	13.9	0.1	Ny 98
4.10.	22*55	3*57	8*55	17 27 50	-14 21 15	30.298	13.8	0.1	Ny 118
4.30.	21*35	2*38	7*36	17 26 44	-14 17 35	30.040	13.8	0.1	Ny 137
5.20.	20*15	1*17	6*16	17 25 00	-14 14 50	29.868	13.8	0.1	Ny 156
6.09.	18*54	23*53	4*55	17 22 55	-14 13 36	29.803	13.8	0.1	Ny 171
6.29.	17*33	22*32	3*34	17 20 47	-14 14 17	29.852	13.8	0.1	K 161
7.19.	16*13	21*11	2*14	17 18 55	-14 17 05	30.010	13.8	0.1	K 142
8.08.	14*54	19*51	0*53	17 17 35	-14 21 56	30.260	13.8	0.1	K 123
8.28.	13*35	18*32	23*29	17 17 01	-14 28 32	30.573	13.9	0.1	K 104
9.17.	12*17	17*14	22*11	17 17 18	-14 36 24	30.914	13.9	0.1	K 85
10.07.	11*00	15*56	20*52	17 18 27	-14 44 52	31.246	13.9	0.1	K 66
10.27.	9*44	14*40	19*35	17 20 24	-14 53 14	31.533	13.9	0.1	K 47
11.16.	8 29	13 24	18 18	17 22 57	-15 00 45	31.741	14.0	0.1	K 28
12.06.	7 14	12 08	17 02	17 25 54	-15 06 50	31.847	14.0	0.1	K 11
12.26.	5 58	10 52	15 46	17 28 58	-15 11 02	31.841	14.0	0.1	Ny 14

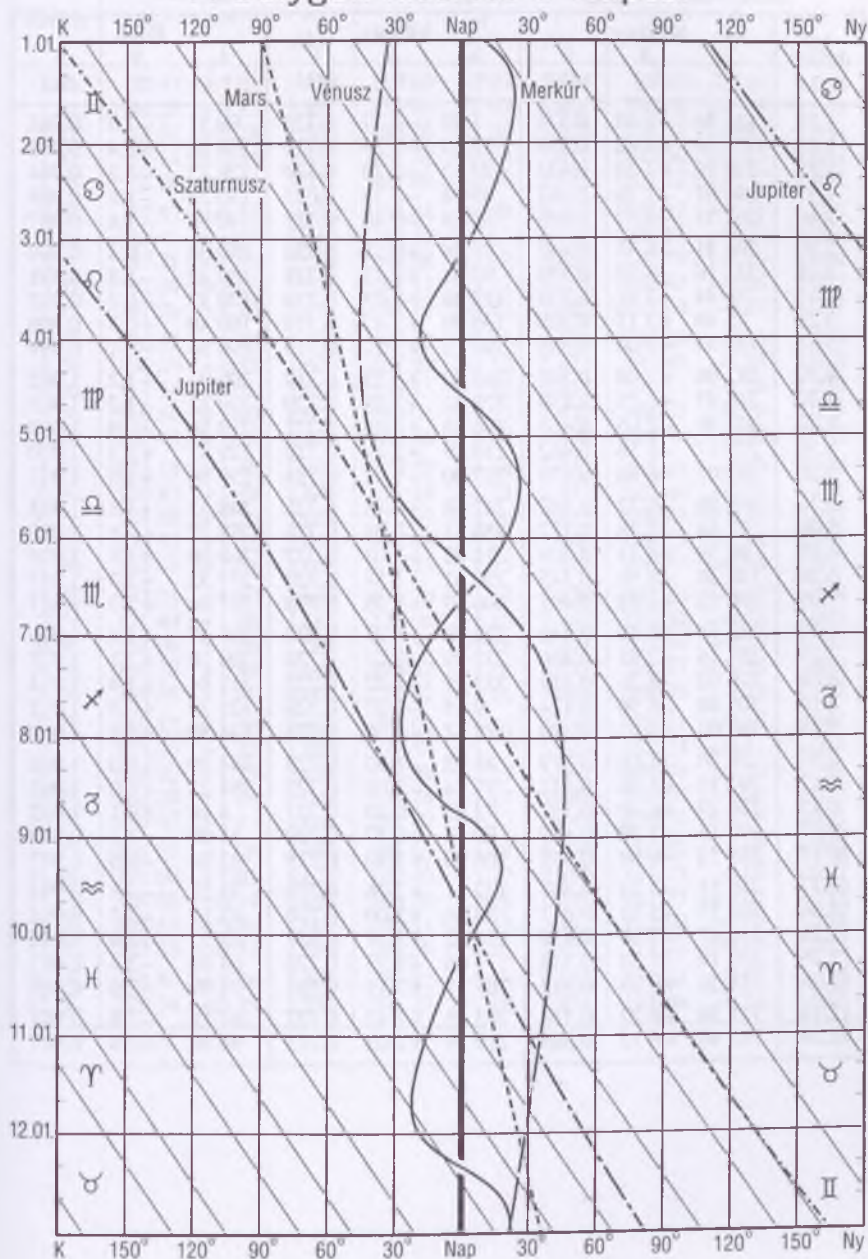
* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Plútó földközeli: 6.10. 11^h 29.8022 AU



A július 8-i Vénusz átvonulás rajza

A bolygók kitérése a Naptól



A bolygók ekliptikai koordinátái

dátum	Merkúr			Vénusz			Föld		
	λ_e ° '	β ° '	r AU	λ_e ° '	β ° '	r AU	λ_e ° '	β "	r AU
1.01.	124 36	+6 48	0.325	1 20	-3 17	0.726	99 51	-1.7	0.983
1.11.	173 54	+5 42	0.379	17 15	-2 55	0.725	110 02	-2.4	0.983
1.21.	210 19	+2 10	0.431	33 13	-2 20	0.724	120 13	-1.2	0.984
1.31.	240 01	-1 26	0.461	49 14	-1 34	0.723	130 23	-1.6	0.985
2.10.	267 37	-4 27	0.465	65 18	-0 40	0.721	140 32	-1.6	0.987
2.20.	296 41	-6 31	0.441	81 24	+0 17	0.720	150 38	-0.4	0.989
3.01.	331 16	-6 50	0.393	97 34	+1 13	0.719	160 42	-1.0	0.991
3.11.	16 44	-3 41	0.337	113 46	+2 03	0.719	170 42	-0.2	0.993
3.21.	75 48	+3 15	0.308	130 00	+2 43	0.718	180 40	+0.5	0.996
3.31.	135 53	+7 00	0.335	146 15	+3 11	0.719	190 34	-0.1	0.999
4.10.	182 08	+5 04	0.391	162 30	+3 23	0.719	200 24	+1.2	1.002
4.20.	216 43	+1 25	0.439	178 43	+3 19	0.720	210 12	+1.2	1.005
4.30.	245 40	-2 06	0.464	194 53	+3 00	0.721	219 56	+0.9	1.007
5.10.	273 17	-4 58	0.462	210 59	+2 26	0.722	229 37	+2.2	1.010
5.20.	303 07	-6 46	0.433	227 00	+1 41	0.724	239 16	+1.6	1.012
5.30.	339 26	-6 32	0.382	242 58	+0 48	0.725	248 52	+1.8	1.014
6.09.	27 44	-2 28	0.327	258 51	-0 08	0.726	258 27	+2.6	1.015
6.19.	88 38	+4 33	0.309	274 42	-1 03	0.727	268 00	+1.7	1.016
6.29.	146 30	+6 56	0.345	290 31	-1 54	0.728	277 32	+2.3	1.017
7.09.	189 53	+4 22	0.402	306 19	-2 35	0.728	287 04	+2.3	1.017
7.19.	222 54	+0 40	0.446	322 08	-3 05	0.728	296 37	+1.4	1.016
7.29.	251 16	-2 45	0.466	337 59	-3 21	0.728	306 10	+2.1	1.015
8.08.	279 02	-5 26	0.458	353 51	-3 22	0.727	315 44	+1.4	1.014
8.18.	309 48	-6 56	0.424	9 45	-3 07	0.726	325 20	+0.8	1.012
8.28.	348 06	-6 05	0.370	25 42	-2 38	0.725	334 58	+1.4	1.010
9.07.	39 20	-1 06	0.319	41 42	-1 57	0.723	344 39	+0.0	1.008
9.17.	101 18	+5 36	0.312	57 44	-1 06	0.722	354 23	+0.0	1.005
9.27.	156 29	+6 40	0.357	73 49	-0 10	0.721	4 10	+0.1	1.002
10.07.	197 13	+3 38	0.413	89 57	+0 47	0.720	14 00	-1.3	0.999
10.17.	228 53	-0 04	0.452	106 08	+1 40	0.719	23 54	-0.8	0.997
10.27.	256 51	-3 21	0.467	122 21	+2 26	0.718	33 51	-1.3	0.994
11.06.	284 55	-5 51	0.453	138 36	+3 00	0.718	43 51	-2.3	0.991
11.16.	316 47	-7 00	0.414	154 52	+3 19	0.719	53 55	-1.4	0.989
11.26.	357 19	-5 27	0.358	171 06	+3 23	0.720	64 01	-2.4	0.987
12.06.	51 28	+0 23	0.313	187 17	+3 11	0.721	74 09	-2.6	0.985
12.16.	113 38	+6 22	0.318	203 25	+2 43	0.722	84 19	-1.8	0.984
12.26.	165 48	+6 13	0.368	219 29	+2 03	0.723	94 30	-2.9	0.983

dátum	Mars			Jupiter			Szaturnusz		
	λ_c °	β °	r AU	λ_c °	β °	r AU	λ_c °	β °	r AU
1.01.	50 57	+0 03	1.474	159 03	+1 07	5.404	99 43	-0 36	9.033
1.11.	56 28	+0 13	1.487	159 49	+1 07	5.406	100 05	-0 35	9.034
1.21.	61 54	+0 24	1.500	160 36	+1 08	5.408	100 27	-0 34	9.034
1.31.	67 14	+0 34	1.513	161 22	+1 08	5.411	100 50	-0 33	9.034
2.10.	72 28	+0 43	1.526	162 08	+1 09	5.413	101 12	-0 32	9.035
2.20.	77 37	+0 52	1.539	162 54	+1 09	5.415	101 35	-0 31	9.035
3.01.	82 41	+1 01	1.552	163 40	+1 10	5.416	101 57	-0 30	9.036
3.11.	87 41	+1 09	1.564	164 26	+1 10	5.418	102 19	-0 29	9.036
3.21.	92 35	+1 16	1.576	165 11	+1 11	5.420	102 42	-0 28	9.037
3.31.	97 26	+1 22	1.588	165 57	+1 11	5.422	103 04	-0 27	9.037
4.10.	102 12	+1 28	1.599	166 43	+1 12	5.424	103 26	-0 26	9.038
4.20.	106 55	+1 33	1.609	167 29	+1 12	5.425	103 49	-0 25	9.038
4.30.	111 34	+1 38	1.618	168 15	+1 12	5.427	104 11	-0 24	9.039
5.10.	116 10	+1 42	1.627	169 01	+1 13	5.429	104 33	-0 24	9.039
5.20.	120 43	+1 45	1.635	169 46	+1 13	5.430	104 56	-0 23	9.040
5.30.	125 14	+1 48	1.642	170 32	+1 14	5.432	105 18	-0 22	9.040
6.09.	129 43	+1 49	1.648	171 18	+1 14	5.433	105 40	-0 21	9.041
6.19.	134 09	+1 50	1.654	172 03	+1 14	5.435	106 03	-0 20	9.042
6.29.	138 35	+1 51	1.658	172 49	+1 15	5.436	106 25	-0 19	9.042
7.09.	142 58	+1 51	1.662	173 35	+1 15	5.438	106 47	-0 18	9.043
7.19.	147 21	+1 50	1.664	174 20	+1 15	5.439	107 10	-0 17	9.044
7.29.	151 44	+1 48	1.666	175 06	+1 15	5.440	107 32	-0 16	9.044
8.08.	156 06	+1 46	1.666	175 51	+1 16	5.441	107 54	-0 15	9.045
8.18.	160 28	+1 44	1.666	176 37	+1 16	5.443	108 17	-0 14	9.046
8.28.	164 50	+1 40	1.664	177 22	+1 16	5.444	108 39	-0 13	9.047
9.07.	169 13	+1 36	1.662	178 08	+1 16	5.445	109 01	-0 12	9.047
9.17.	173 37	+1 32	1.658	178 53	+1 17	5.446	109 24	-0 11	9.048
9.27.	178 02	+1 27	1.654	179 39	+1 17	5.447	109 46	-0 10	9.049
10.07.	182 28	+1 21	1.648	180 24	+1 17	5.448	110 08	-0 09	9.050
10.17.	186 57	+1 15	1.642	181 09	+1 17	5.449	110 30	-0 08	9.051
10.27.	191 27	+1 08	1.635	181 55	+1 17	5.450	110 53	-0 07	9.052
11.06.	196 00	+1 01	1.627	182 40	+1 17	5.450	111 15	-0 06	9.052
11.16.	200 36	+0 54	1.618	183 26	+1 18	5.451	111 37	-0 05	9.053
11.26.	205 15	+0 46	1.609	184 11	+1 18	5.452	112 00	-0 04	9.054
12.06.	209 58	+0 37	1.599	184 56	+1 18	5.452	112 22	-0 03	9.055
12.16.	214 44	+0 28	1.588	185 42	+1 18	5.453	112 44	-0 02	9.056
12.26.	219 34	+0 19	1.576	186 27	+1 18	5.454	113 06	-0 01	9.057

dátum	Uránusz			Neptunusz			Plútó		
	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU	λ_{\odot} ° ' "	β ° ' "	r AU
1.01.	332 11	-0 45	20.038	312 38	-0 02	30.075	259 50	+8 53	30.739
1.11.	332 17	-0 45	20.039	312 41	-0 02	30.075	259 54	+8 52	30.743
1.21.	332 24	-0 45	20.039	312 45	-0 02	30.074	259 57	+8 51	30.747
1.31.	332 30	-0 45	20.040	312 48	-0 02	30.074	260 01	+8 50	30.751
2.10.	332 36	-0 45	20.041	312 52	-0 02	30.074	260 05	+8 49	30.755
2.20.	332 43	-0 45	20.041	312 56	-0 02	30.074	260 09	+8 48	30.759
3.01.	332 49	-0 45	20.042	312 59	-0 02	30.073	260 12	+8 47	30.764
3.11.	332 56	-0 45	20.042	313 03	-0 02	30.073	260 16	+8 46	30.768
3.21.	333 02	-0 45	20.043	313 06	-0 02	30.073	260 20	+8 45	30.772
3.31.	333 09	-0 46	20.043	313 10	-0 03	30.073	260 24	+8 44	30.776
4.10.	333 15	-0 46	20.044	313 13	-0 03	30.072	260 27	+8 43	30.780
4.20.	333 21	-0 46	20.045	313 17	-0 03	30.072	260 31	+8 43	30.784
4.30.	333 28	-0 46	20.045	313 21	-0 03	30.072	260 35	+8 42	30.788
5.10.	333 34	-0 46	20.046	313 24	-0 03	30.072	260 38	+8 41	30.792
5.20.	333 41	-0 46	20.046	313 28	-0 03	30.071	260 42	+8 40	30.797
5.30.	333 47	-0 46	20.047	313 31	-0 03	30.071	260 46	+8 39	30.801
6.09.	333 54	-0 46	20.047	313 35	-0 03	30.071	260 49	+8 38	30.805
6.19.	334 00	-0 46	20.048	313 38	-0 03	30.071	260 53	+8 37	30.809
6.29.	334 06	-0 46	20.049	313 42	-0 04	30.070	260 57	+8 36	30.813
7.09.	334 13	-0 46	20.049	313 46	-0 04	30.070	261 01	+8 35	30.817
7.19.	334 19	-0 46	20.050	313 49	-0 04	30.070	261 04	+8 34	30.822
7.29.	334 26	-0 46	20.050	313 53	-0 04	30.070	261 08	+8 33	30.826
8.08.	334 32	-0 46	20.051	313 56	-0 04	30.070	261 12	+8 32	30.830
8.18.	334 39	-0 46	20.051	314 00	-0 04	30.069	261 15	+8 31	30.834
8.28.	334 45	-0 46	20.052	314 04	-0 04	30.069	261 19	+8 30	30.838
9.07.	334 51	-0 46	20.052	314 07	-0 04	30.069	261 23	+8 29	30.843
9.17.	334 58	-0 46	20.053	314 11	-0 04	30.069	261 27	+8 28	30.847
9.27.	335 04	-0 46	20.053	314 14	-0 05	30.068	261 30	+8 27	30.851
10.07.	335 11	-0 46	20.054	314 18	-0 05	30.068	261 34	+8 26	30.855
10.17.	335 17	-0 46	20.054	314 21	-0 05	30.068	261 38	+8 25	30.860
10.27.	335 24	-0 46	20.055	314 25	-0 05	30.068	261 41	+8 24	30.864
11.06.	335 30	-0 46	20.055	314 29	-0 05	30.067	261 45	+8 23	30.868
11.16.	335 36	-0 46	20.056	314 32	-0 05	30.067	261 49	+8 22	30.872
11.26.	335 43	-0 46	20.056	314 36	-0 05	30.067	261 52	+8 21	30.877
12.06.	335 49	-0 46	20.057	314 39	-0 05	30.067	261 56	+8 20	30.881
12.16.	335 56	-0 46	20.057	314 43	-0 05	30.066	262 00	+8 19	30.885
12.26.	336 02	-0 46	20.058	314 46	-0 06	30.066	262 03	+8 18	30.890

$JD = 2\,453\,000 + \dots$

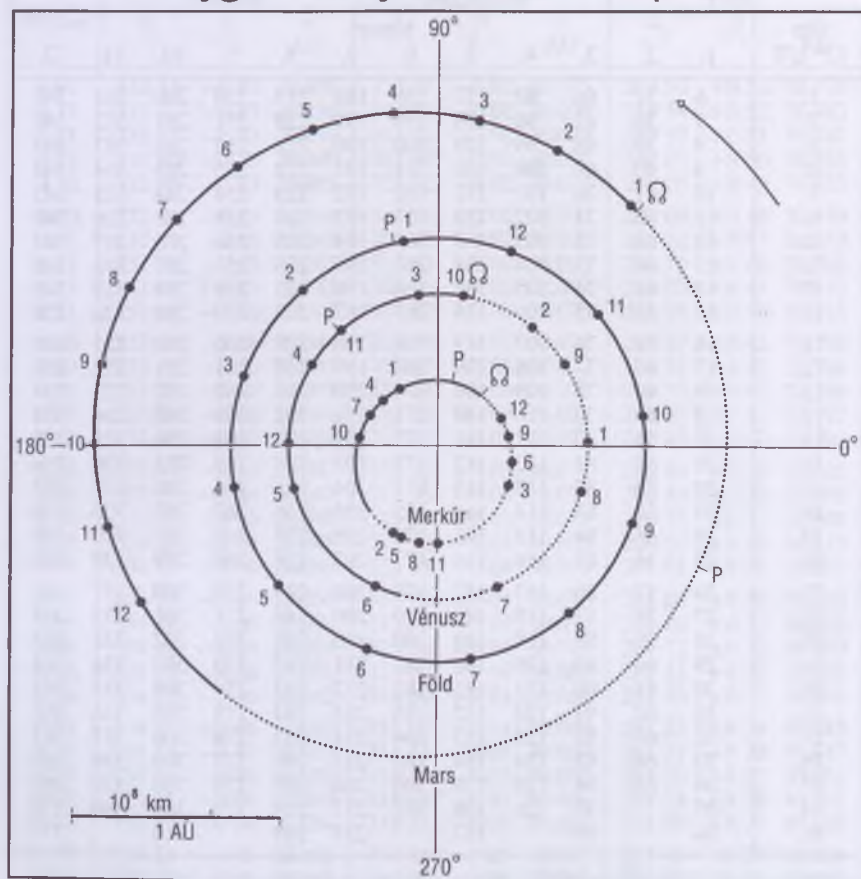
Julián-dátum

nap 12 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	6	37	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
2.	7	38	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
3.	8	39	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
4.	9	40	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
5.	10	41	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
6.	11	42	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
7.	12	43	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
8.	13	44	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
9.	14	45	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
10.	15	46	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
11.	16	47	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
12.	17	48	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
13.	18	49	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
14.	19	50	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
15.	20	51	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
16.	21	52	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
17.	22	53	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
18.	23	54	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
19.	24	55	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
20.	25	56	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
21.	26	57	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
22.	27	58	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
23.	28	59	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
24.	29	60	89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
25.	30	61	90	121	151	182	212	243	274	304	335	365
26.	31	62	91	122	152	183	213	244	275	305	336	366
27.	32	63	92	123	153	184	214	245	276	306	337	367
28.	33	64	93	124	154	185	215	246	277	307	338	368
29.	34	65	94	125	155	186	216	247	278	308	339	369
30.	35		95	126	156	187	217	248	279	309	340	370
31.	36		96		157		218	249		310		371

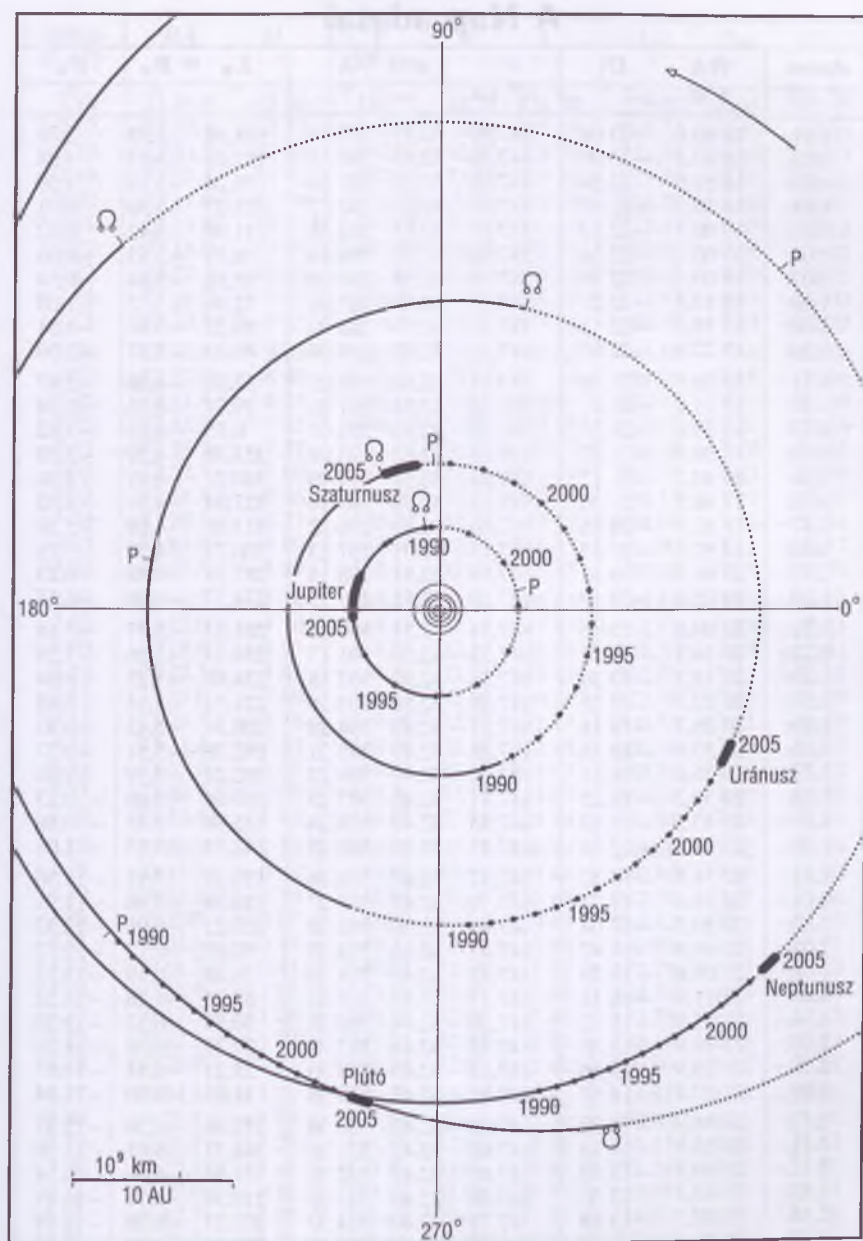
Julián-dátum tizednap

tizednap	UT		KÖZEI		NYISZ	
	h	m	h	m	h	m
0.0	0 00	12 00	13 00	14 00		
0.1	2 24	14 24	15 24	16 24		
0.2	4 48	16 48	17 48	18 48		
0.3	7 12	19 12	20 12	21 12		
0.4	9 36	21 36	22 36	23 36		
0.5	12 00	0 00	1 00	2 00		
0.6	14 24	2 24	3 24	4 24		
0.7	16 48	4 48	5 48	6 48		
0.8	19 12	7 12	8 12	9 12		
0.9	21 36	9 36	10 36	11 36		

A bolygók elhelyezkedése a Nap körül



Az ábrák a bolygók Nap körüli mozgását mutatják az adott évben. A bolygópályáknak a földpálya síkjától északra lévő szakaszát folyamatos, a földpálya síkjától délre lévő szakaszát szaggatott vonal ábrázolja. *P* a pálya napközelpontja, Ω pedig a felszálló csomó (ahol a bolygó a Nap körüli keringése során – délről északra – áthalad a földpálya síkján). A Plútó esetében a leszálló csomó (ϖ) helyét tüntettük fel. Az 1–12 számok jelzik a Föld típusú bolygók helyzetét a megfelelő sorszámú hónap első napján, az évszámok pedig az óriásbolygók és a Plútó helyzetét az egyes évek kezdetén.



A Nap adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	φ ° ' "	λ ° ' "	L _N °	B _N °	P _N °
1.01.	18 43.0	-23 04	147.10	32.53	279 54	164.58	-2.95	2.36
1.02.	18 47.5	-23 00	147.10	32.53	280 55	151.41	-3.07	1.88
1.03.	18 51.9	-22 54	147.10	32.53	281 56	138.24	-3.19	1.39
1.04.	18 56.3	-22 49	147.09	32.53	282 57	125.07	-3.30	0.91
1.05.	19 00.7	-22 42	147.09	32.53	283 58	111.90	-3.42	0.42
1.06.	19 05.1	-22 36	147.10	32.53	284 59	98.73	-3.53	-0.06
1.07.	19 09.4	-22 29	147.10	32.53	286 00	85.56	-3.64	-0.54
1.08.	19 13.8	-22 21	147.10	32.53	287 01	72.39	-3.75	-1.03
1.09.	19 18.2	-22 13	147.10	32.53	288 03	59.22	-3.86	-1.51
1.10.	19 22.6	-22 05	147.11	32.53	289 04	46.05	-3.97	-1.99
1.11.	19 26.9	-21 56	147.11	32.53	290 05	32.88	-4.08	-2.47
1.12.	19 31.2	-21 47	147.12	32.53	291 06	19.71	-4.18	-2.94
1.13.	19 35.6	-21 37	147.13	32.53	292 07	6.55	-4.29	-3.42
1.14.	19 39.9	-21 27	147.13	32.52	293 08	353.38	-4.39	-3.89
1.15.	19 44.2	-21 17	147.14	32.52	294 09	340.21	-4.49	-4.36
1.16.	19 48.5	-21 06	147.15	32.52	295 10	327.04	-4.59	-4.83
1.17.	19 52.8	-20 55	147.16	32.52	296 12	313.88	-4.69	-5.30
1.18.	19 57.1	-20 43	147.17	32.51	297 13	300.71	-4.79	-5.76
1.19.	20 01.3	-20 31	147.19	32.51	298 14	287.54	-4.88	-6.23
1.20.	20 05.6	-20 19	147.20	32.51	299 15	274.37	-4.98	-6.68
1.21.	20 09.8	-20 06	147.21	32.51	300 16	261.21	-5.07	-7.14
1.22.	20 14.1	-19 52	147.22	32.50	301 17	248.04	-5.16	-7.59
1.23.	20 18.3	-19 39	147.24	32.50	302 18	234.88	-5.25	-8.04
1.24.	20 22.5	-19 25	147.25	32.50	303 19	221.71	-5.34	-8.49
1.25.	20 26.7	-19 11	147.27	32.49	304 20	208.54	-5.43	-8.93
1.26.	20 30.9	-18 56	147.28	32.49	305 21	195.38	-5.51	-9.37
1.27.	20 35.0	-18 41	147.30	32.49	306 22	182.21	-5.59	-9.80
1.28.	20 39.2	-18 25	147.31	32.48	307 23	169.04	-5.68	-10.23
1.29.	20 43.3	-18 10	147.33	32.48	308 24	155.88	-5.75	-10.66
1.30.	20 47.4	-17 54	147.35	32.48	309 25	142.71	-5.83	-11.08
1.31.	20 51.5	-17 37	147.37	32.47	310 26	129.55	-5.91	-11.50
2.01.	20 55.6	-17 21	147.39	32.47	311 27	116.38	-5.98	-11.91
2.02.	20 59.7	-17 04	147.41	32.46	312 28	103.21	-6.05	-12.32
2.03.	21 03.8	-16 47	147.43	32.46	313 29	90.05	-6.12	-12.72
2.04.	21 07.8	-16 29	147.45	32.45	314 30	76.88	-6.19	-13.12
2.05.	21 11.9	-16 11	147.47	32.45	315 31	63.71	-6.26	-13.52
2.06.	21 15.9	-15 53	147.50	32.44	316 31	50.55	-6.32	-13.90
2.07.	21 19.9	-15 35	147.52	32.44	317 32	37.38	-6.38	-14.29
2.08.	21 23.9	-15 16	147.54	32.43	318 33	24.21	-6.44	-14.67
2.09.	21 27.9	-14 57	147.57	32.43	319 34	11.05	-6.50	-15.04
2.10.	21 31.9	-14 38	147.60	32.42	320 34	357.88	-6.56	-15.41
2.11.	21 35.8	-14 19	147.62	32.42	321 35	344.71	-6.61	-15.78
2.12.	21 39.8	-13 59	147.65	32.41	322 36	331.54	-6.66	-16.14
2.13.	21 43.7	-13 39	147.68	32.40	323 37	318.38	-6.71	-16.49
2.14.	21 47.7	-13 19	147.71	32.40	324 37	305.21	-6.76	-16.84
2.15.	21 51.6	-12 59	147.74	32.39	325 38	292.04	-6.80	-17.18

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
2.16.	21 55.5	-12 38	147.77	32.38	326 38	278.87	-6.85	-17.52
2.17.	21 59.4	-12 17	147.80	32.38	327 39	265.71	-6.89	-17.85
2.18.	22 03.2	-11 56	147.83	32.37	328 40	252.54	-6.93	-18.17
2.19.	22 07.1	-11 35	147.86	32.36	329 40	239.37	-6.96	-18.49
2.20.	22 11.0	-11 14	147.90	32.36	330 41	226.20	-7.00	-18.81
2.21.	22 14.8	-10 52	147.93	32.35	331 41	213.03	-7.03	-19.12
2.22.	22 18.6	-10 31	147.96	32.34	332 42	199.86	-7.06	-19.42
2.23.	22 22.4	-10 09	147.99	32.34	333 42	186.69	-7.09	-19.71
2.24.	22 26.3	-9 47	148.03	32.33	334 43	173.52	-7.12	-20.00
2.25.	22 30.1	-9 25	148.06	32.32	335 43	160.35	-7.14	-20.29
2.26.	22 33.8	-9 03	148.09	32.31	336 43	147.18	-7.16	-20.57
2.27.	22 37.6	-8 40	148.13	32.31	337 44	134.01	-7.18	-20.84
2.28.	22 41.4	-8 18	148.16	32.30	338 44	120.84	-7.20	-21.10
2.29.	22 45.2	-7 55	148.20	32.29	339 44	107.67	-7.21	-21.36
3.01.	22 48.9	-7 32	148.23	32.28	340 45	94.50	-7.22	-21.62
3.02.	22 52.7	-7 09	148.27	32.28	341 45	81.32	-7.23	-21.86
3.03.	22 56.4	-6 46	148.30	32.27	342 45	68.15	-7.24	-22.10
3.04.	23 00.1	-6 23	148.34	32.26	343 45	54.97	-7.25	-22.34
3.05.	23 03.8	-6 00	148.38	32.25	344 45	41.80	-7.25	-22.57
3.06.	23 07.5	-5 37	148.41	32.24	345 45	28.62	-7.25	-22.79
3.07.	23 11.3	-5 14	148.45	32.23	346 45	15.45	-7.25	-23.00
3.08.	23 15.0	-4 50	148.49	32.23	347 45	2.27	-7.25	-23.21
3.09.	23 18.6	-4 27	148.53	32.22	348 45	349.10	-7.24	-23.41
3.10.	23 22.3	-4 03	148.57	32.21	349 45	335.92	-7.23	-23.61
3.11.	23 26.0	-3 40	148.61	32.20	350 45	322.74	-7.22	-23.80
3.12.	23 29.7	-3 16	148.65	32.19	351 45	309.56	-7.21	-23.98
3.13.	23 33.4	-2 53	148.69	32.18	352 45	296.38	-7.20	-24.15
3.14.	23 37.0	-2 29	148.74	32.17	353 45	283.20	-7.18	-24.32
3.15.	23 40.7	-2 05	148.78	32.16	354 44	270.02	-7.16	-24.48
3.16.	23 44.4	-1 42	148.82	32.16	355 44	256.84	-7.14	-24.64
3.17.	23 48.0	-1 18	148.86	32.15	356 44	243.66	-7.12	-24.79
3.18.	23 51.7	-0 54	148.90	32.14	357 44	230.48	-7.09	-24.93
3.19.	23 55.3	-0 30	148.95	32.13	358 43	217.30	-7.07	-25.06
3.20.	23 59.0	-0 07	148.99	32.12	359 43	204.12	-7.04	-25.19
3.21.	0 02.6	+0 17	149.03	32.11	0 43	190.93	-7.01	-25.31
3.22.	0 06.3	+0 41	149.07	32.10	1 42	177.75	-6.97	-25.43
3.23.	0 09.9	+1 04	149.11	32.09	2 42	164.56	-6.94	-25.53
3.24.	0 13.5	+1 28	149.16	32.08	3 41	151.38	-6.90	-25.63
3.25.	0 17.2	+1 52	149.20	32.07	4 41	138.19	-6.86	-25.73
3.26.	0 20.8	+2 15	149.24	32.06	5 40	125.00	-6.82	-25.81
3.27.	0 24.5	+2 39	149.28	32.06	6 40	111.81	-6.77	-25.89
3.28.	0 28.1	+3 02	149.32	32.05	7 39	98.62	-6.73	-25.96
3.29.	0 31.7	+3 26	149.37	32.04	8 38	85.43	-6.68	-26.03
3.30.	0 35.4	+3 49	149.41	32.03	9 38	72.24	-6.63	-26.09
3.31.	0 39.0	+4 12	149.45	32.02	10 37	59.05	-6.58	-26.14
4.01.	0 42.7	+4 35	149.49	32.01	11 36	45.86	-6.53	-26.18
4.02.	0 46.3	+4 58	149.53	32.00	12 35	32.67	-6.47	-26.22
4.03.	0 50.0	+5 21	149.58	31.99	13 35	19.47	-6.41	-26.25

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r 10 ⁶ km	φ ′	λ ° ′	L _N °	B _N °	P _N °
4.04.	0 53.6	+5 44	149.62	31.98	14 34	6.28	-6.35	-26.27
4.05.	0 57.3	+6 07	149.66	31.97	15 33	353.08	-6.29	-26.28
4.06.	1 00.9	+6 30	149.71	31.96	16 32	339.89	-6.23	-26.29
4.07.	1 04.6	+6 52	149.75	31.96	17 31	326.69	-6.17	-26.29
4.08.	1 08.2	+7 15	149.79	31.95	18 30	313.49	-6.10	-26.28
4.09.	1 11.9	+7 37	149.84	31.94	19 29	300.29	-6.03	-26.27
4.10.	1 15.6	+8 00	149.88	31.93	20 28	287.09	-5.96	-26.25
4.11.	1 19.3	+8 22	149.92	31.92	21 26	273.89	-5.89	-26.22
4.12.	1 22.9	+8 44	149.97	31.91	22 25	260.69	-5.82	-26.18
4.13.	1 26.6	+9 05	150.01	31.90	23 24	247.49	-5.74	-26.14
4.14.	1 30.3	+9 27	150.05	31.89	24 23	234.28	-5.66	-26.08
4.15.	1 34.0	+9 49	150.10	31.88	25 22	221.08	-5.59	-26.03
4.16.	1 37.7	+10 10	150.14	31.87	26 20	207.88	-5.51	-25.96
4.17.	1 41.4	+10 31	150.18	31.86	27 19	194.67	-5.42	-25.89
4.18.	1 45.1	+10 52	150.22	31.85	28 18	181.47	-5.34	-25.81
4.19.	1 48.9	+11 13	150.27	31.85	29 16	168.26	-5.26	-25.72
4.20.	1 52.6	+11 34	150.31	31.84	30 15	155.05	-5.17	-25.62
4.21.	1 56.3	+11 54	150.35	31.83	31 14	141.84	-5.08	-25.52
4.22.	2 00.1	+12 14	150.39	31.82	32 12	128.64	-4.99	-25.41
4.23.	2 03.8	+12 34	150.43	31.81	33 11	115.43	-4.90	-25.29
4.24.	2 07.6	+12 54	150.47	31.80	34 09	102.22	-4.81	-25.17
4.25.	2 11.4	+13 14	150.51	31.79	35 08	89.00	-4.72	-25.04
4.26.	2 15.1	+13 33	150.55	31.79	36 06	75.79	-4.63	-24.90
4.27.	2 18.9	+13 53	150.58	31.78	37 04	62.58	-4.53	-24.75
4.28.	2 22.7	+14 11	150.62	31.77	38 03	49.37	-4.43	-24.60
4.29.	2 26.5	+14 30	150.66	31.76	39 01	36.15	-4.34	-24.43
4.30.	2 30.3	+14 49	150.70	31.75	39 59	22.93	-4.24	-24.27
5.01.	2 34.1	+15 07	150.74	31.75	40 58	9.72	-4.14	-24.09
5.02.	2 38.0	+15 25	150.77	31.74	41 56	356.50	-4.04	-23.91
5.03.	2 41.8	+15 43	150.81	31.73	42 54	343.28	-3.93	-23.72
5.04.	2 45.6	+16 00	150.85	31.72	43 52	330.06	-3.83	-23.52
5.05.	2 49.5	+16 17	150.88	31.72	44 50	316.85	-3.73	-23.32
5.06.	2 53.4	+16 34	150.92	31.71	45 48	303.63	-3.62	-23.10
5.07.	2 57.2	+16 51	150.96	31.70	46 46	290.40	-3.51	-22.89
5.08.	3 01.1	+17 07	150.99	31.69	47 44	277.18	-3.41	-22.66
5.09.	3 05.0	+17 23	151.03	31.68	48 42	263.96	-3.30	-22.43
5.10.	3 08.9	+17 39	151.06	31.68	49 40	250.74	-3.19	-22.19
5.11.	3 12.8	+17 55	151.10	31.67	50 38	237.52	-3.08	-21.94
5.12.	3 16.7	+18 10	151.13	31.66	51 36	224.29	-2.97	-21.69
5.13.	3 20.7	+18 25	151.17	31.66	52 34	211.07	-2.86	-21.43
5.14.	3 24.6	+18 39	151.20	31.65	53 32	197.84	-2.74	-21.16
5.15.	3 28.5	+18 54	151.24	31.64	54 30	184.62	-2.63	-20.89
5.16.	3 32.5	+19 08	151.27	31.63	55 28	171.39	-2.52	-20.61
5.17.	3 36.5	+19 21	151.30	31.63	56 26	158.16	-2.40	-20.33
5.18.	3 40.5	+19 35	151.33	31.62	57 24	144.94	-2.29	-20.03
5.19.	3 44.4	+19 48	151.36	31.61	58 21	131.71	-2.17	-19.73
5.20.	3 48.4	+20 00	151.39	31.61	59 19	118.48	-2.05	-19.43
5.21.	3 52.4	+20 13	151.42	31.60	60 17	105.25	-1.94	-19.12

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r 10 ⁶ km	φ ′	λ ° ′	L _N °	B _N °	P _N °
5.22.	3 56.5	+20 25	151.45	31.60	61 15	92.02	-1.82	-18.80
5.23.	4 00.5	+20 36	151.48	31.59	62 12	78.80	-1.70	-18.48
5.24.	4 04.5	+20 47	151.51	31.59	63 10	65.57	-1.58	-18.15
5.25.	4 08.6	+20 58	151.53	31.58	64 08	52.33	-1.47	-17.81
5.26.	4 12.6	+21 09	151.56	31.57	65 05	39.10	-1.35	-17.47
5.27.	4 16.7	+21 19	151.58	31.57	66 03	25.87	-1.23	-17.13
5.28.	4 20.7	+21 29	151.61	31.56	67 00	12.64	-1.11	-16.78
5.29.	4 24.8	+21 38	151.63	31.56	67 58	359.41	-0.99	-16.42
5.30.	4 28.9	+21 47	151.66	31.55	68 56	346.17	-0.87	-16.06
5.31.	4 33.0	+21 56	151.68	31.55	69 53	332.94	-0.75	-15.69
6.01.	4 37.0	+22 04	151.70	31.54	70 51	319.71	-0.63	-15.32
6.02.	4 41.1	+22 12	151.72	31.54	71 48	306.47	-0.51	-14.94
6.03.	4 45.2	+22 20	151.75	31.54	72 45	293.24	-0.39	-14.56
6.04.	4 49.4	+22 27	151.77	31.53	73 43	280.00	-0.26	-14.18
6.05.	4 53.5	+22 34	151.79	31.53	74 40	266.77	-0.14	-13.79
6.06.	4 57.6	+22 40	151.81	31.52	75 38	253.53	-0.02	-13.39
6.07.	5 01.7	+22 46	151.83	31.52	76 35	240.30	0.10	-12.99
6.08.	5 05.8	+22 51	151.85	31.51	77 33	227.06	0.22	-12.59
6.09.	5 10.0	+22 57	151.87	31.51	78 30	213.83	0.34	-12.18
6.10.	5 14.1	+23 01	151.89	31.51	79 27	200.59	0.46	-11.77
6.11.	5 18.3	+23 06	151.90	31.50	80 25	187.35	0.58	-11.36
6.12.	5 22.4	+23 10	151.92	31.50	81 22	174.12	0.70	-10.94
6.13.	5 26.6	+23 13	151.94	31.50	82 19	160.88	0.82	-10.52
6.14.	5 30.7	+23 16	151.95	31.49	83 17	147.65	0.94	-10.09
6.15.	5 34.9	+23 19	151.97	31.49	84 14	134.41	1.06	-9.67
6.16.	5 39.0	+23 21	151.98	31.49	85 11	121.17	1.18	-9.24
6.17.	5 43.2	+23 23	151.99	31.48	86 09	107.94	1.30	-8.80
6.18.	5 47.4	+23 25	152.01	31.48	87 06	94.70	1.42	-8.37
6.19.	5 51.5	+23 26	152.02	31.48	88 03	81.46	1.53	-7.93
6.20.	5 55.7	+23 26	152.03	31.48	89 00	68.23	1.65	-7.49
6.21.	5 59.8	+23 26	152.04	31.47	89 58	54.99	1.77	-7.05
6.22.	6 04.0	+23 26	152.05	31.47	90 55	41.75	1.88	-6.60
6.23.	6 08.2	+23 26	152.05	31.47	91 52	28.52	2.00	-6.16
6.24.	6 12.3	+23 25	152.06	31.47	92 50	15.28	2.12	-5.71
6.25.	6 16.5	+23 23	152.07	31.47	93 47	2.04	2.23	-5.26
6.26.	6 20.6	+23 21	152.07	31.47	94 44	348.81	2.35	-4.81
6.27.	6 24.8	+23 19	152.08	31.47	95 41	335.57	2.46	-4.36
6.28.	6 28.9	+23 16	152.08	31.47	96 38	322.33	2.57	-3.91
6.29.	6 33.1	+23 13	152.08	31.46	97 36	309.10	2.68	-3.46
6.30.	6 37.2	+23 10	152.09	31.46	98 33	295.86	2.80	-3.00
7.01.	6 41.3	+23 06	152.09	31.46	99 30	282.62	2.91	-2.55
7.02.	6 45.5	+23 02	152.09	31.46	100 27	269.39	3.02	-2.10
7.03.	6 49.6	+22 57	152.09	31.46	101 24	256.15	3.13	-1.64
7.04.	6 53.7	+22 52	152.09	31.46	102 22	242.91	3.23	-1.19
7.05.	6 57.8	+22 46	152.10	31.46	103 19	229.68	3.34	-0.74
7.06.	7 02.0	+22 41	152.10	31.46	104 16	216.44	3.45	-0.28
7.07.	7 06.1	+22 34	152.09	31.46	105 13	203.21	3.55	0.17
7.08.	7 10.2	+22 28	152.09	31.46	106 10	189.97	3.66	0.62

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ ° '	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
7.09.	7 14.3	+22 21	152.09	31.46	107 07	176.74	3.76	1.07
7.10.	7 18.3	+22 13	152.09	31.46	108 05	163.50	3.86	1.52
7.11.	7 22.4	+22 05	152.09	31.46	109 02	150.27	3.97	1.97
7.12.	7 26.5	+21 57	152.08	31.47	109 59	137.03	4.07	2.42
7.13.	7 30.6	+21 49	152.08	31.47	110 56	123.80	4.16	2.87
7.14.	7 34.6	+21 40	152.07	31.47	111 54	110.57	4.26	3.31
7.15.	7 38.7	+21 30	152.06	31.47	112 51	97.34	4.36	3.76
7.16.	7 42.7	+21 21	152.06	31.47	113 48	84.10	4.46	4.20
7.17.	7 46.7	+21 11	152.05	31.47	114 45	70.87	4.55	4.64
7.18.	7 50.8	+21 00	152.04	31.47	115 43	57.64	4.64	5.08
7.19.	7 54.8	+20 49	152.03	31.48	116 40	44.41	4.74	5.51
7.20.	7 58.8	+20 38	152.02	31.48	117 37	31.18	4.83	5.95
7.21.	8 02.8	+20 27	152.01	31.48	118 34	17.95	4.92	6.38
7.22.	8 06.8	+20 15	151.99	31.48	119 32	4.72	5.00	6.81
7.23.	8 10.7	+20 03	151.98	31.49	120 29	351.49	5.09	7.24
7.24.	8 14.7	+19 50	151.97	31.49	121 26	338.26	5.18	7.66
7.25.	8 18.7	+19 38	151.95	31.49	122 24	325.03	5.26	8.08
7.26.	8 22.6	+19 24	151.93	31.50	123 21	311.80	5.34	8.50
7.27.	8 26.5	+19 11	151.92	31.50	124 18	298.57	5.42	8.91
7.28.	8 30.5	+18 57	151.90	31.50	125 16	285.34	5.50	9.32
7.29.	8 34.4	+18 43	151.88	31.51	126 13	272.12	5.58	9.73
7.30.	8 38.3	+18 29	151.87	31.51	127 10	258.89	5.66	10.14
7.31.	8 42.2	+18 14	151.85	31.51	128 08	245.66	5.73	10.54
8.01.	8 46.1	+17 59	151.83	31.52	129 05	232.44	5.81	10.94
8.02.	8 49.9	+17 44	151.81	31.52	130 02	219.21	5.88	11.33
8.03.	8 53.8	+17 28	151.79	31.53	131 00	205.99	5.95	11.72
8.04.	8 57.7	+17 12	151.77	31.53	131 57	192.76	6.02	12.11
8.05.	9 01.5	+16 56	151.75	31.53	132 55	179.54	6.08	12.49
8.06.	9 05.3	+16 40	151.73	31.54	133 52	166.31	6.15	12.87
8.07.	9 09.2	+16 23	151.71	31.54	134 50	153.09	6.21	13.25
8.08.	9 13.0	+16 06	151.69	31.55	135 47	139.87	6.27	13.62
8.09.	9 16.8	+15 49	151.66	31.55	136 45	126.65	6.33	13.99
8.10.	9 20.6	+15 32	151.64	31.56	137 42	113.43	6.39	14.35
8.11.	9 24.4	+15 14	151.61	31.56	138 40	100.21	6.45	14.71
8.12.	9 28.2	+14 56	151.59	31.57	139 37	86.99	6.50	15.07
8.13.	9 31.9	+14 38	151.56	31.57	140 35	73.77	6.56	15.42
8.14.	9 35.7	+14 19	151.54	31.58	141 33	60.55	6.61	15.76
8.15.	9 39.4	+14 01	151.51	31.58	142 30	47.33	6.66	16.10
8.16.	9 43.2	+13 42	151.48	31.59	143 28	34.11	6.70	16.44
8.17.	9 46.9	+13 23	151.46	31.60	144 26	20.89	6.75	16.77
8.18.	9 50.6	+13 04	151.43	31.60	145 23	7.68	6.79	17.10
8.19.	9 54.4	+12 44	151.40	31.61	146 21	354.46	6.84	17.42
8.20.	9 58.1	+12 24	151.37	31.61	147 19	341.25	6.88	17.74
8.21.	10 01.8	+12 04	151.33	31.62	148 17	328.03	6.91	18.05
8.22.	10 05.5	+11 44	151.30	31.63	149 15	314.82	6.95	18.36
8.23.	10 09.1	+11 24	151.27	31.63	150 12	301.60	6.98	18.66
8.24.	10 12.8	+11 04	151.24	31.64	151 10	288.39	7.02	18.96
8.25.	10 16.5	+10 43	151.20	31.65	152 08	275.18	7.05	19.25

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	ø ' "	λ ° ' "	L _N °	B _N °	P _N °
8.26.	10 20.2	+10 22	151.17	31.66	153 06	261.96	7.07	19.54
8.27.	10 23.8	+10 01	151.14	31.66	154 04	248.75	7.10	19.82
8.28.	10 27.5	+9 40	151.10	31.67	155 02	235.54	7.12	20.09
8.29.	10 31.1	+9 19	151.07	31.68	156 00	222.33	7.15	20.36
8.30.	10 34.7	+8 57	151.03	31.68	156 58	209.12	7.17	20.63
8.31.	10 38.4	+8 36	151.00	31.69	157 56	195.91	7.18	20.89
9.01.	10 42.0	+8 14	150.96	31.70	158 54	182.70	7.20	21.15
9.02.	10 45.6	+7 52	150.93	31.71	159 52	169.49	7.21	21.39
9.03.	10 49.2	+7 30	150.89	31.71	160 50	156.28	7.22	21.64
9.04.	10 52.9	+7 08	150.86	31.72	161 48	143.07	7.23	21.88
9.05.	10 56.5	+6 46	150.82	31.73	162 46	129.86	7.24	22.11
9.06.	11 00.1	+6 24	150.78	31.74	163 44	116.66	7.25	22.33
9.07.	11 03.7	+6 01	150.75	31.74	164 42	103.45	7.25	22.56
9.08.	11 07.3	+5 39	150.71	31.75	165 41	90.24	7.25	22.77
9.09.	11 10.9	+5 16	150.67	31.76	166 39	77.04	7.25	22.98
9.10.	11 14.5	+4 53	150.63	31.77	167 37	63.83	7.25	23.18
9.11.	11 18.1	+4 31	150.60	31.78	168 36	50.63	7.24	23.38
9.12.	11 21.7	+4 08	150.56	31.78	169 34	37.43	7.24	23.57
9.13.	11 25.2	+3 45	150.52	31.79	170 33	24.22	7.23	23.76
9.14.	11 28.8	+3 22	150.48	31.80	171 31	11.02	7.22	23.94
9.15.	11 32.4	+2 59	150.44	31.81	172 29	357.82	7.20	24.11
9.16.	11 36.0	+2 36	150.40	31.82	173 28	344.62	7.19	24.28
9.17.	11 39.6	+2 12	150.36	31.83	174 26	331.42	7.17	24.44
9.18.	11 43.2	+1 49	150.31	31.84	175 25	318.21	7.15	24.59
9.19.	11 46.8	+1 26	150.27	31.84	176 24	305.01	7.13	24.74
9.20.	11 50.4	+1 03	150.23	31.85	177 22	291.81	7.10	24.88
9.21.	11 53.9	+0 39	150.19	31.86	178 21	278.61	7.08	25.01
9.22.	11 57.5	+0 16	150.14	31.87	179 20	265.42	7.05	25.14
9.23.	12 01.1	-0 07	150.10	31.88	180 18	252.22	7.02	25.26
9.24.	12 04.7	-0 31	150.06	31.89	181 17	239.02	6.99	25.38
9.25.	12 08.3	-0 54	150.02	31.90	182 16	225.82	6.95	25.49
9.26.	12 11.9	-1 17	149.97	31.91	183 15	212.62	6.92	25.59
9.27.	12 15.5	-1 41	149.93	31.92	184 13	199.42	6.88	25.68
9.28.	12 19.1	-2 04	149.89	31.93	185 12	186.23	6.84	25.77
9.29.	12 22.7	-2 27	149.84	31.94	186 11	173.03	6.80	25.85
9.30.	12 26.3	-2 51	149.80	31.94	187 10	159.83	6.75	25.93
10.01.	12 29.9	-3 14	149.76	31.95	188 09	146.64	6.71	26.00
10.02.	12 33.6	-3 37	149.72	31.96	189 08	133.44	6.66	26.06
10.03.	12 37.2	-4 00	149.67	31.97	190 07	120.25	6.61	26.11
10.04.	12 40.8	-4 24	149.63	31.98	191 06	107.05	6.55	26.16
10.05.	12 44.5	-4 47	149.59	31.99	192 05	93.86	6.50	26.20
10.06.	12 48.1	-5 10	149.55	32.00	193 04	80.66	6.44	26.23
10.07.	12 51.8	-5 33	149.51	32.01	194 04	67.47	6.38	26.26
10.08.	12 55.4	-5 56	149.46	32.02	195 03	54.28	6.32	26.27
10.09.	12 59.1	-6 19	149.42	32.03	196 02	41.08	6.26	26.29
10.10.	13 02.8	-6 41	149.38	32.03	197 01	27.89	6.20	26.29
10.11.	13 06.4	-7 04	149.34	32.04	198 01	14.70	6.13	26.29
10.12.	13 10.1	-7 27	149.30	32.05	199 00	1.51	6.06	26.27

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ °	λ ° '	L _N °	B _N °	P _N °
10.13.	13 13.8	-7 49	149.25	32.06	200 00	348.32	5.99	26.26
10.14.	13 17.5	-8 11	149.21	32.07	200 59	335.13	5.92	26.23
10.15.	13 21.3	-8 34	149.17	32.08	201 59	321.94	5.85	26.20
10.16.	13 25.0	-8 56	149.13	32.09	202 58	308.75	5.77	26.16
10.17.	13 28.7	-9 18	149.08	32.10	203 58	295.56	5.70	26.11
10.18.	13 32.5	-9 40	149.04	32.11	204 57	282.37	5.62	26.05
10.19.	13 36.2	-10 01	149.00	32.12	205 57	269.18	5.54	25.99
10.20.	13 40.0	-10 23	148.95	32.13	206 56	255.99	5.46	25.92
10.21.	13 43.8	-10 44	148.91	32.14	207 56	242.80	5.37	25.84
10.22.	13 47.6	-11 06	148.87	32.14	208 56	229.61	5.29	25.75
10.23.	13 51.4	-11 27	148.83	32.15	209 55	216.42	5.20	25.66
10.24.	13 55.2	-11 48	148.78	32.16	210 55	203.23	5.11	25.55
10.25.	13 59.0	-12 08	148.74	32.17	211 55	190.04	5.02	25.44
10.26.	14 02.8	-12 29	148.70	32.18	212 55	176.86	4.93	25.32
10.27.	14 06.7	-12 49	148.66	32.19	213 55	163.67	4.84	25.20
10.28.	14 10.5	-13 10	148.62	32.20	214 55	150.48	4.74	25.07
10.29.	14 14.4	-13 29	148.58	32.21	215 54	137.29	4.65	24.92
10.30.	14 18.3	-13 49	148.54	32.22	216 54	124.11	4.55	24.77
10.31.	14 22.2	-14 09	148.50	32.22	217 54	110.92	4.45	24.62
11.01.	14 26.1	-14 28	148.47	32.23	218 54	97.73	4.35	24.45
11.02.	14 30.0	-14 47	148.43	32.24	219 54	84.55	4.25	24.28
11.03.	14 33.9	-15 06	148.39	32.25	220 54	71.36	4.14	24.10
11.04.	14 37.9	-15 25	148.35	32.26	221 55	58.17	4.04	23.91
11.05.	14 41.8	-15 43	148.32	32.26	222 55	44.99	3.93	23.71
11.06.	14 45.8	-16 01	148.28	32.27	223 55	31.80	3.83	23.51
11.07.	14 49.8	-16 19	148.25	32.28	224 55	18.62	3.72	23.30
11.08.	14 53.8	-16 36	148.21	32.29	225 55	5.43	3.61	23.08
11.09.	14 57.8	-16 54	148.18	32.30	226 56	352.25	3.50	22.85
11.10.	15 01.9	-17 11	148.14	32.30	227 56	339.07	3.39	22.61
11.11.	15 05.9	-17 27	148.11	32.31	228 56	325.88	3.27	22.37
11.12.	15 10.0	-17 44	148.07	32.32	229 57	312.70	3.16	22.12
11.13.	15 14.1	-18 00	148.04	32.33	230 57	299.52	3.04	21.86
11.14.	15 18.2	-18 15	148.00	32.33	231 57	286.33	2.93	21.60
11.15.	15 22.3	-18 31	147.97	32.34	232 58	273.15	2.81	21.32
11.16.	15 26.4	-18 46	147.94	32.35	233 58	259.97	2.69	21.04
11.17.	15 30.5	-19 01	147.90	32.35	234 59	246.79	2.57	20.75
11.18.	15 34.7	-19 15	147.87	32.36	235 59	233.61	2.45	20.46
11.19.	15 38.8	-19 29	147.84	32.37	237 00	220.42	2.33	20.15
11.20.	15 43.0	-19 43	147.81	32.38	238 00	207.24	2.21	19.84
11.21.	15 47.2	-19 56	147.78	32.38	239 01	194.06	2.09	19.53
11.22.	15 51.4	-20 09	147.75	32.39	240 02	180.88	1.97	19.20
11.23.	15 55.6	-20 22	147.72	32.40	241 02	167.70	1.85	18.87
11.24.	15 59.8	-20 34	147.69	32.40	242 03	154.52	1.72	18.53
11.25.	16 04.1	-20 46	147.66	32.41	243 04	141.34	1.60	18.19
11.26.	16 08.3	-20 58	147.63	32.41	244 04	128.16	1.47	17.83
11.27.	16 12.6	-21 09	147.60	32.42	245 05	114.98	1.35	17.48
11.28.	16 16.9	-21 20	147.58	32.43	246 06	101.80	1.22	17.11
11.29.	16 21.1	-21 30	147.55	32.43	247 06	88.62	1.10	16.74

dátum 0 ^h UT	R_A h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ϕ ° '	λ ° '	L_N °	B_N °	P_N °
11.30.	16 25.4	-21 40	147.53	32.44	248 07	75.44	0.97	16.36
12.01.	16 29.7	-21 49	147.51	32.44	249 08	62.26	0.84	15.98
12.02.	16 34.1	-21 58	147.48	32.45	250 09	49.08	0.72	15.59
12.03.	16 38.4	-22 07	147.46	32.45	251 10	35.90	0.59	15.20
12.04.	16 42.7	-22 15	147.44	32.46	252 10	22.72	0.46	14.80
12.05.	16 47.1	-22 23	147.42	32.46	253 11	9.54	0.33	14.39
12.06.	16 51.5	-22 30	147.40	32.47	254 12	356.37	0.20	13.98
12.07.	16 55.8	-22 37	147.38	32.47	255 13	343.19	0.08	13.56
12.08.	17 00.2	-22 44	147.36	32.47	256 14	330.01	-0.05	13.14
12.09.	17 04.6	-22 50	147.34	32.48	257 15	316.84	-0.18	12.71
12.10.	17 09.0	-22 55	147.32	32.48	258 16	303.66	-0.31	12.28
12.11.	17 13.4	-23 00	147.31	32.49	259 17	290.49	-0.44	11.85
12.12.	17 17.8	-23 05	147.29	32.49	260 18	277.31	-0.56	11.41
12.13.	17 22.2	-23 09	147.27	32.49	261 19	264.13	-0.69	10.96
12.14.	17 26.6	-23 13	147.26	32.50	262 20	250.96	-0.82	10.51
12.15.	17 31.0	-23 16	147.24	32.50	263 21	237.78	-0.95	10.06
12.16.	17 35.5	-23 19	147.23	32.50	264 22	224.61	-1.08	9.60
12.17.	17 39.9	-23 22	147.21	32.51	265 23	211.44	-1.20	9.15
12.18.	17 44.3	-23 24	147.20	32.51	266 24	198.26	-1.33	8.68
12.19.	17 48.8	-23 25	147.19	32.51	267 26	185.09	-1.45	8.22
12.20.	17 53.2	-23 26	147.18	32.51	268 27	171.91	-1.58	7.75
12.21.	17 57.7	-23 26	147.16	32.52	269 28	158.74	-1.71	7.28
12.22.	18 02.1	-23 26	147.15	32.52	270 29	145.57	-1.83	6.81
12.23.	18 06.5	-23 26	147.14	32.52	271 30	132.39	-1.95	6.33
12.24.	18 11.0	-23 25	147.14	32.52	272 31	119.22	-2.08	5.86
12.25.	18 15.4	-23 24	147.13	32.53	273 32	106.05	-2.20	5.38
12.26.	18 19.8	-23 22	147.12	32.53	274 33	92.88	-2.32	4.90
12.27.	18 24.3	-23 19	147.12	32.53	275 34	79.70	-2.44	4.42
12.28.	18 28.7	-23 17	147.11	32.53	276 35	66.53	-2.57	3.93
12.29.	18 33.1	-23 13	147.11	32.53	277 37	53.36	-2.69	3.45
12.30.	18 37.6	-23 10	147.10	32.53	278 38	40.19	-2.80	2.97
12.31.	18 42.0	-23 05	147.10	32.53	279 39	27.02	-2.92	2.48

A Föld napközelen: 1.04.18^hA Föld naptávolban: 7.05.11^h

A Carrington-rotációk kezdete

sorszám	hónap	nap	sorszám	hónap	nap
2012.	1.	13.497	2019.	7.	22.357
2013.	2.	9.839	2020.	8.	18.581
2014.	3.	8.172	2021.	9.	14.835
2015.	4.	4.475	2022.	10.	12.114
2016.	5.	1.735	2023.	11.	8.412
2017.	5.	28.955	2024.	12.	5.724
2018.	6.	25.154			

A Hold adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	\varnothing ′	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
1.01.	1 44.9	+8 48	401 400	29.77	0.652	12.72	5.10	2.46	-19.45
1.02.	2 29.1	+13 47	404 000	29.58	0.739	24.87	3.79	1.12	-16.91
1.03.	3 14.8	+18 13	405 400	29.48	0.817	37.01	2.37	-0.26	-13.66
1.04.	4 02.6	+21 56	405 700	29.45	0.884	49.15	0.94	-1.61	-9.74
1.05.	4 52.8	+24 46	405 100	29.50	0.936	61.28	-0.45	-2.91	-5.21
1.06.	5 45.2	+26 30	403 800	29.59	0.974	73.41	-1.73	-4.08	-0.26
1.07.	6 39.1	+27 02	401 800	29.74	0.995	85.54	-2.87	-5.08	4.87
1.08.	7 33.6	+26 14	399 400	29.92	0.997	97.67	-3.83	-5.86	9.82
1.09.	8 27.3	+24 10	396 600	30.13	0.981	109.80	-4.61	-6.37	14.24
1.10.	9 19.7	+20 54	393 600	30.36	0.945	121.93	-5.20	-6.59	17.85
1.11.	10 10.2	+16 38	390 300	30.62	0.890	134.06	-5.60	-6.49	20.47
1.12.	10 59.1	+11 32	386 700	30.90	0.818	146.20	-5.82	-6.05	22.03
1.13.	11 46.9	+5 51	383 000	31.20	0.731	158.34	-5.84	-5.29	22.54
1.14.	12 34.6	-0 11	379 000	31.53	0.631	170.49	-5.66	-4.22	22.02
1.15.	13 23.3	-6 20	375 100	31.86	0.523	182.64	-5.24	-2.91	20.47
1.16.	14 14.3	-12 19	371 200	32.19	0.412	194.80	-4.58	-1.39	17.87
1.17.	15 08.6	-17 47	367 800	32.49	0.302	206.97	-3.65	0.24	14.17
1.18.	16 07.1	-22 21	365 000	32.74	0.201	219.14	-2.45	1.88	9.39
1.19.	17 09.8	-25 32	363 200	32.90	0.115	231.32	-1.02	3.42	3.67
1.20.	18 15.5	-27 00	362 800	32.94	0.051	243.51	0.56	4.75	-2.58
1.21.	19 21.7	-26 32	363 800	32.84	0.012	255.70	2.20	5.76	-8.72
1.22.	20 25.8	-24 14	366 400	32.61	0.002	267.89	3.74	6.38	-14.07
1.23.	21 25.8	-20 24	370 300	32.27	0.019	280.08	5.04	6.58	-18.15
1.24.	22 21.1	-15 30	375 300	31.84	0.061	292.27	5.99	6.37	-20.84
1.25.	23 12.2	-9 57	380 800	31.38	0.123	304.46	6.49	5.80	-22.21
1.26.	23 59.9	-4 08	386 600	30.91	0.200	316.64	6.54	4.93	-22.44
1.27.	0 45.5	+1 42	392 100	30.48	0.288	328.82	6.14	3.84	-21.70
1.28.	1 30.0	+7 17	396 800	30.11	0.382	340.99	5.36	2.59	-20.13
1.29.	2 14.7	+12 30	400 600	29.83	0.477	353.16	4.27	1.26	-17.80
1.30.	3 00.3	+17 09	403 200	29.63	0.572	5.32	2.97	-0.11	-14.76
1.31.	3 47.6	+21 06	404 600	29.53	0.663	17.47	1.57	-1.46	-11.03
2.01.	4 37.1	+24 12	404 700	29.53	0.749	29.62	0.15	-2.75	-6.68
2.02.	5 28.8	+26 15	403 700	29.60	0.825	41.77	-1.19	-3.92	-1.84
2.03.	6 22.4	+27 07	401 700	29.75	0.891	53.91	-2.38	-4.93	3.26
2.04.	7 16.9	+26 41	398 900	29.96	0.943	66.04	-3.37	-5.73	8.32
2.05.	8 11.3	+24 56	395 600	30.20	0.979	78.18	-4.12	-6.27	12.96
2.06.	9 04.7	+21 55	392 100	30.47	0.997	90.31	-4.63	-6.52	16.86
2.07.	9 56.4	+17 48	388 600	30.75	0.994	102.44	-4.89	-6.45	19.80
2.08.	10 46.4	+12 46	385 100	31.03	0.970	114.58	-4.93	-6.03	21.68
2.09.	11 35.1	+7 05	381 900	31.29	0.924	126.71	-4.80	-5.29	22.47
2.10.	12 23.3	+1 00	379 000	31.53	0.857	138.85	-4.50	-4.24	22.20
2.11.	13 11.9	-5 12	376 300	31.76	0.773	151.00	-4.07	-2.93	20.89
2.12.	14 02.1	-11 15	373 900	31.96	0.674	163.15	-3.52	-1.45	18.56
2.13.	14 54.9	-16 48	371 900	32.13	0.566	175.30	-2.84	0.15	15.19
2.14.	15 51.1	-21 31	370 200	32.28	0.452	187.47	-2.03	1.74	10.78
2.15.	16 51.0	-25 00	369 000	32.39	0.340	199.64	-1.07	3.25	5.45

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ϕ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
2.16.	17 54.0	-26 55	368 400	32.44	0.236	211.82	0.01	4.56	-0.51
2.17.	18 58.4	-27 04	368 500	32.43	0.146	224.00	1.18	5.60	-6.58
2.18.	20 01.8	-25 24	369 600	32.33	0.075	236.20	2.37	6.28	-12.13
2.19.	21 02.2	-22 07	371 700	32.15	0.027	248.39	3.48	6.56	-16.64
2.20.	21 58.7	-17 35	374 700	31.89	0.004	260.59	4.43	6.45	-19.86
2.21.	22 51.2	-12 12	378 600	31.56	0.006	272.79	5.10	5.95	-21.75
2.22.	23 40.4	-6 22	383 100	31.19	0.032	284.99	5.42	5.13	-22.44
2.23.	0 27.3	-0 24	387 900	30.80	0.079	297.19	5.36	4.06	-22.08
2.24.	1 12.8	+5 25	392 600	30.43	0.142	309.38	4.92	2.81	-20.81
2.25.	1 58.1	+10 54	396 900	30.11	0.218	321.57	4.14	1.45	-18.74
2.26.	2 43.9	+15 52	400 400	29.84	0.303	333.76	3.08	0.05	-15.92
2.27.	3 31.1	+20 07	402 900	29.66	0.394	345.94	1.81	-1.32	-12.40
2.28.	4 20.1	+23 32	404 100	29.57	0.488	358.12	0.44	-2.63	-8.23
2.29.	5 11.1	+25 56	404 100	29.57	0.582	10.29	-0.94	-3.82	-3.54
3.01.	6 04.0	+27 11	402 700	29.67	0.673	22.45	-2.24	-4.86	1.49
3.02.	6 58.1	+27 10	400 200	29.86	0.759	34.61	-3.38	-5.69	6.57
3.03.	7 52.4	+25 50	396 700	30.12	0.837	46.77	-4.28	-6.28	11.37
3.04.	8 46.1	+23 13	392 600	30.44	0.903	58.92	-4.90	-6.58	15.55
3.05.	9 38.6	+19 24	388 100	30.79	0.955	71.07	-5.20	-6.56	18.86
3.06.	10 29.6	+14 34	383 700	31.15	0.987	83.21	-5.19	-6.20	21.13
3.07.	11 19.3	+8 56	379 500	31.49	0.999	95.35	-4.89	-5.49	22.29
3.08.	12 08.5	+2 46	375 900	31.79	0.986	107.50	-4.36	-4.45	22.36
3.09.	12 58.0	-3 37	373 100	32.03	0.949	119.65	-3.65	-3.13	21.34
3.10.	13 48.8	-9 55	371 100	32.20	0.889	131.80	-2.81	-1.61	19.26
3.11.	14 41.8	-15 46	369 900	32.30	0.807	143.95	-1.90	0.02	16.10
3.12.	15 37.9	-20 47	369 500	32.34	0.710	156.11	-0.96	1.66	11.89
3.13.	16 37.2	-24 35	369 700	32.32	0.601	168.28	-0.00	3.20	6.73
3.14.	17 39.3	-26 52	370 400	32.26	0.487	180.45	0.95	4.54	0.92
3.15.	18 42.6	-27 25	371 600	32.16	0.374	192.64	1.88	5.60	-5.09
3.16.	19 45.1	-26 11	373 200	32.02	0.269	204.83	2.75	6.32	-10.70
3.17.	20 45.0	-23 21	375 200	31.85	0.176	217.02	3.54	6.66	-15.42
3.18.	21 41.3	-19 13	377 700	31.64	0.100	229.23	4.19	6.61	-18.95
3.19.	22 33.9	-14 09	380 600	31.40	0.045	241.44	4.66	6.19	-21.22
3.20.	23 23.3	-8 28	384 000	31.12	0.011	253.65	4.90	5.43	-22.29
3.21.	0 10.3	-2 32	387 600	30.83	0.001	265.86	4.86	4.39	-22.29
3.22.	0 56.1	+3 25	391 400	30.53	0.012	278.08	4.54	3.15	-21.36
3.23.	1 41.5	+9 06	395 200	30.24	0.044	290.29	3.92	1.78	-19.58
3.24.	2 27.3	+14 20	398 600	29.98	0.093	302.50	3.03	0.34	-17.01
3.25.	3 14.3	+18 55	401 500	29.76	0.157	314.71	1.93	-1.08	-13.72
3.26.	4 02.0	+22 40	403 500	29.61	0.233	326.92	0.66	-2.44	-9.75
3.27.	4 53.6	+25 27	404 500	29.54	0.317	339.12	-0.70	-3.68	-5.21
3.28.	5 45.9	+27 06	404 200	29.56	0.408	351.31	-2.06	-4.76	-0.27
3.29.	6 39.3	+27 31	402 700	29.68	0.502	3.50	-3.34	-5.65	4.80
3.30.	7 33.1	+26 39	399 900	29.88	0.598	15.69	-4.47	-6.30	9.69
3.31.	8 26.5	+24 30	396 000	30.18	0.691	27.87	-5.36	-6.67	14.07
4.01.	9 18.8	+21 08	391 200	30.54	0.779	40.04	-5.94	-6.74	17.68
4.02.	10 09.8	+16 40	385 900	30.96	0.858	52.21	-6.17	-6.48	20.34
4.03.	10 59.8	+11 19	380 500	31.41	0.924	64.38	-6.04	-5.86	21.93

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
4.04.	11 49.3	+5 16	375 300	31.84	0.972	76.54	-5.54	-4.89	22.44
4.05.	12 39.1	-1 12	370 900	32.22	0.997	88.70	-4.71	-3.61	21.84
4.06.	13 30.3	-7 44	367 500	32.52	0.996	100.86	-3.62	-2.08	20.12
4.07.	14 23.8	-13 59	365 300	32.71	0.968	113.02	-2.35	-0.40	17.27
4.08.	15 20.5	-19 29	364 600	32.78	0.913	125.18	-0.99	1.33	13.28
4.09.	16 20.6	-23 49	365 000	32.74	0.836	137.35	0.38	2.97	8.24
4.10.	17 23.7	-26 36	366 600	32.59	0.740	149.52	1.69	4.41	2.43
4.11.	18 28.0	-27 36	369 000	32.38	0.632	161.71	2.86	5.56	-3.69
4.12.	19 31.4	-26 45	372 000	32.12	0.519	173.89	3.86	6.35	-9.49
4.13.	20 31.0	-24 15	375 300	31.84	0.407	186.09	4.64	6.75	-14.43
4.14.	21 28.6	-20 24	378 800	31.54	0.302	198.30	5.20	6.77	-18.21
4.15.	22 21.2	-15 34	382 400	31.25	0.207	210.51	5.51	6.40	-20.74
4.16.	23 10.4	-10 06	385 900	30.97	0.128	222.72	5.57	5.70	-22.08
4.17.	23 57.1	-4 16	389 300	30.69	0.067	234.95	5.38	4.72	-22.37
4.18.	0 42.5	+1 38	392 700	30.43	0.025	247.17	4.95	3.52	-21.71
4.19.	1 27.3	+7 23	395 800	30.19	0.003	259.40	4.28	2.16	-20.20
4.20.	2 12.6	+12 46	398 800	29.96	0.002	271.63	3.41	0.73	-17.90
4.21.	2 59.1	+17 35	401 400	29.77	0.020	283.86	2.35	-0.72	-14.85
4.22.	3 47.3	+21 39	403 500	29.61	0.056	296.09	1.15	-2.12	-11.09
4.23.	4 37.4	+24 46	404 900	29.51	0.108	308.32	-0.17	-3.42	-6.71
4.24.	5 29.3	+26 48	405 400	29.48	0.173	320.54	-1.53	-4.56	-1.88
4.25.	6 22.3	+27 37	404 900	29.51	0.250	332.76	-2.88	-5.50	3.17
4.26.	7 15.8	+27 10	403 200	29.64	0.337	344.98	-4.15	-6.22	8.11
4.27.	8 08.7	+25 26	400 400	29.85	0.430	357.19	-5.28	-6.67	12.64
4.28.	9 00.5	+22 31	396 400	30.15	0.528	9.39	-6.19	-6.83	16.47
4.29.	9 50.9	+18 31	391 400	30.53	0.627	21.59	-6.82	-6.68	19.43
4.30.	10 40.2	+13 35	385 700	30.98	0.723	33.78	-7.10	-6.19	21.40
5.01.	11 28.9	+7 52	379 600	31.48	0.813	45.97	-7.00	-5.35	22.33
5.02.	12 17.8	+1 37	373 700	31.98	0.891	58.15	-6.48	-4.19	22.20
5.03.	13 08.0	-4 55	368 300	32.45	0.952	70.33	-5.56	-2.75	20.98
5.04.	14 00.7	-11 23	363 900	32.83	0.989	82.51	-4.27	-1.09	18.61
5.05.	14 56.9	-17 22	361 000	33.10	1.000	94.68	-2.70	0.67	15.05
5.06.	15 57.1	-22 21	359 800	33.21	0.980	106.86	-0.96	2.41	10.30
5.07.	17 01.2	-25 51	360 400	33.16	0.933	119.03	0.84	3.98	4.56
5.08.	18 07.6	-27 31	362 500	32.97	0.860	131.21	2.56	5.28	-1.72
5.09.	19 13.6	-27 12	365 900	32.66	0.767	143.40	4.08	6.20	-7.86
5.10.	20 16.7	-25 04	370 100	32.28	0.663	155.60	5.31	6.72	-13.22
5.11.	21 15.5	-21 27	374 900	31.87	0.552	167.80	6.19	6.82	-17.39
5.12.	22 09.5	-16 46	379 800	31.46	0.442	180.01	6.70	6.52	-20.23
5.13.	22 59.5	-11 23	384 600	31.07	0.338	192.22	6.84	5.88	-21.84
5.14.	23 46.5	-5 39	389 100	30.71	0.243	204.44	6.64	4.95	-22.36
5.15.	0 31.7	+0 12	393 100	30.40	0.161	216.67	6.15	3.80	-21.93
5.16.	1 16.1	+5 57	396 600	30.13	0.094	228.91	5.40	2.48	-20.65
5.17.	2 00.7	+11 24	399 600	29.90	0.045	241.15	4.45	1.07	-18.57
5.18.	2 46.5	+16 20	402 100	29.72	0.013	253.39	3.34	-0.37	-15.75
5.19.	3 33.9	+20 36	404 100	29.57	0.001	265.63	2.11	-1.77	-12.20
5.20.	4 23.4	+23 59	405 400	29.47	0.006	277.87	0.80	-3.09	-7.99
5.21.	5 14.8	+26 20	406 200	29.42	0.030	290.12	-0.55	-4.27	-3.27

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	Δ km	φ ° ' "	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
5.22.	6 07.6	+27 29	406 200	29.42	0.070	302.36	-1.91	-5.26	1.74
5.23.	7 00.9	+27 23	405 300	29.48	0.126	314.60	-3.23	-6.03	6.73
5.24.	7 53.7	+26 01	403 500	29.61	0.196	326.83	-4.47	-6.54	11.37
5.25.	8 45.3	+23 27	400 700	29.82	0.278	339.06	-5.58	-6.77	15.39
5.26.	9 35.3	+19 49	396 900	30.11	0.369	351.29	-6.50	-6.70	18.57
5.27.	10 23.9	+15 16	392 100	30.47	0.468	3.51	-7.18	-6.32	20.82
5.28.	11 11.4	+9 56	386 600	30.91	0.570	15.72	-7.55	-5.61	22.08
5.29.	11 58.8	+4 01	380 500	31.41	0.673	27.93	-7.56	-4.60	22.35
5.30.	12 47.1	-2 16	374 300	31.93	0.771	40.13	-7.16	-3.29	21.60
5.31.	13 37.5	-8 40	368 400	32.44	0.859	52.33	-6.32	-1.75	19.77
6.01.	14 31.3	-14 49	363 300	32.89	0.931	64.52	-5.06	-0.06	16.79
6.02.	15 29.6	-20 16	359 600	33.23	0.979	76.70	-3.43	1.68	12.58
6.03.	16 32.6	-24 30	357 500	33.42	0.999	88.89	-1.51	3.33	7.21
6.04.	17 39.5	-27 01	357 400	33.43	0.989	101.07	0.55	4.76	0.98
6.05.	18 47.8	-27 30	359 200	33.26	0.948	113.26	2.57	5.84	-5.47
6.06.	19 54.4	-25 57	362 700	32.94	0.882	125.45	4.41	6.51	-11.37
6.07.	20 56.8	-22 40	367 500	32.52	0.796	137.64	5.90	6.73	-16.13
6.08.	21 53.0	-18 08	373 000	32.03	0.697	149.84	6.97	6.53	-19.48
6.09.	22 46.3	-12 47	378 900	31.54	0.591	162.05	7.56	5.96	-21.48
6.10.	23 34.9	-7 00	384 700	31.06	0.484	174.27	7.69	5.07	-22.29
6.11.	0 20.9	-1 06	390 000	30.64	0.381	186.49	7.40	3.95	-22.09
6.12.	1 05.5	+4 42	394 700	30.27	0.286	198.72	6.75	2.67	-21.01
6.13.	1 50.0	+10 13	398 700	29.97	0.201	210.95	5.83	1.29	-19.13
6.14.	2 35.3	+15 16	401 800	29.74	0.129	223.19	4.70	-0.12	-16.50
6.15.	3 22.1	+19 40	404 100	29.57	0.072	235.44	3.43	-1.51	-13.15
6.16.	4 10.8	+23 15	405 600	29.46	0.031	247.69	2.09	-2.82	-9.12
6.17.	5 01.7	+25 50	406 400	29.40	0.007	259.94	0.72	-4.01	-4.52
6.18.	5 54.2	+27 16	406 500	29.39	0.001	272.19	-0.64	-5.02	0.43
6.19.	6 47.5	+27 27	406 000	29.43	0.013	284.44	-1.95	-5.81	5.46
6.20.	7 40.6	+26 22	404 700	29.53	0.043	296.69	-3.20	-6.36	10.22
6.21.	8 32.5	+24 05	402 700	29.67	0.090	308.94	-4.34	-6.63	14.41
6.22.	9 22.7	+20 42	400 000	29.87	0.153	321.18	-5.36	-6.61	17.80
6.23.	10 11.1	+16 23	396 500	30.14	0.230	333.42	-6.22	-6.28	20.27
6.24.	10 58.0	+11 19	392 200	30.47	0.319	345.65	-6.88	-5.65	21.78
6.25.	11 44.3	+5 41	387 200	30.86	0.418	357.88	-7.29	-4.73	22.34
6.26.	12 30.9	-0 21	381 700	31.31	0.523	10.11	-7.39	-3.55	21.94
6.27.	13 18.9	-6 32	375 900	31.79	0.630	22.32	-7.13	-2.13	20.55
6.28.	14 09.8	-12 37	370 200	32.28	0.735	34.53	-6.47	-0.56	18.09
6.29.	15 04.6	-18 13	365 100	32.73	0.830	46.73	-5.39	1.10	14.50
6.30.	16 04.4	-22 54	361 000	33.10	0.910	58.93	-3.89	2.73	9.71
7.01.	17 09.1	-26 09	358 300	33.35	0.966	71.12	-2.06	4.21	3.87
7.02.	18 17.1	-27 31	357 400	33.43	0.995	83.31	-0.00	5.40	-2.56
7.03.	19 25.5	-26 47	358 500	33.33	0.994	95.50	2.10	6.21	-8.85
7.04.	20 31.1	-24 07	361 400	33.07	0.963	107.68	4.06	6.58	-14.25
7.05.	21 32.0	-19 53	365 800	32.67	0.905	119.88	5.71	6.50	-18.29
7.06.	22 27.7	-14 36	371 300	32.18	0.828	132.07	6.91	6.00	-20.86
7.07.	23 18.0	-8 44	377 400	31.66	0.736	144.28	7.62	5.17	-22.11
7.08.	0 06.9	-2 41	383 700	31.15	0.636	156.48	7.81	4.07	-22.22

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	φ '	fázis	C _N	L _{II}	B _H °	P _H °
7.09.	0 52.8	+3 18	389 500	30.68	0.533	168.70	7.54	2.80	-21.38
7.10.	1 37.0	+8 59	394 800	30.27	0.433	180.92	6.87	1.43	-19.70
7.11.	2 23.4	+14 12	399 100	29.94	0.337	193.15	5.89	0.02	-17.26
7.12.	3 09.0	+18 47	402 400	29.70	0.249	205.38	4.70	-1.36	-14.08
7.13.	3 58.3	+22 33	404 600	29.53	0.172	217.62	3.37	-2.67	-10.21
7.14.	4 48.7	+25 22	405 900	29.44	0.107	229.86	1.99	-3.85	-5.75
7.15.	5 40.8	+27 04	406 200	29.42	0.056	242.11	0.62	-4.86	-0.87
7.16.	6 34.1	+27 32	405 700	29.45	0.021	254.36	-0.69	-5.67	4.17
7.17.	7 27.5	+26 43	404 500	29.54	0.004	266.61	-1.92	-6.23	9.04
7.18.	8 19.0	+24 40	402 700	29.67	0.004	278.86	-3.03	-6.52	13.41
7.19.	9 10.8	+21 28	400 400	29.85	0.024	291.11	-4.01	-6.52	17.02
7.20.	9 59.7	+17 19	397 500	30.06	0.062	303.36	-4.86	-6.22	19.72
7.21.	10 46.0	+12 22	394 200	30.31	0.118	315.61	-5.55	-5.62	21.47
7.22.	11 33.1	+6 51	390 500	30.60	0.191	327.85	-6.08	-4.73	22.26
7.23.	12 18.9	+0 57	386 300	30.93	0.278	340.09	-6.40	-3.60	22.10
7.24.	13 05.6	-5 07	381 800	31.30	0.377	352.32	-6.48	-2.25	21.01
7.25.	13 54.3	-11 06	377 000	31.69	0.485	4.54	-6.28	-0.75	18.93
7.26.	14 46.3	-16 43	372 300	32.10	0.596	16.75	-5.75	0.83	15.80
7.27.	15 42.6	-21 35	367 900	32.48	0.704	28.96	-4.86	2.40	11.56
7.28.	16 43.7	-25 15	364 200	32.81	0.805	41.16	-3.60	3.85	6.24
7.29.	17 48.0	-27 18	361 600	33.05	0.890	53.36	-2.02	5.08	0.14
7.30.	18 56.3	-27 24	360 400	33.16	0.953	65.55	-0.21	5.98	-6.19
7.31.	20 02.8	-25 30	360 800	33.12	0.990	77.74	1.70	6.47	-12.00
8.01.	21 05.0	-21 49	362 900	32.93	0.997	89.92	3.52	6.51	-16.66
8.02.	22 04.4	-16 49	366 500	32.61	0.976	102.11	5.10	6.12	-19.89
8.03.	22 58.4	-11 00	371 300	32.18	0.930	114.29	6.29	5.34	-21.71
8.04.	23 48.6	-4 48	377 000	31.70	0.863	126.49	7.02	4.27	-22.27
8.05.	0 36.3	+1 26	383 000	31.20	0.780	138.68	7.25	2.99	-21.77
8.06.	1 22.7	+7 24	388 900	30.73	0.688	150.88	7.02	1.60	-20.35
8.07.	2 08.9	+12 53	394 200	30.31	0.591	163.09	6.39	0.16	-18.11
8.08.	2 55.8	+17 45	398 600	29.98	0.493	175.31	5.43	-1.25	-15.12
8.09.	3 44.1	+21 48	402 000	29.73	0.397	187.52	4.26	-2.57	-11.41
8.10.	4 34.3	+24 54	404 200	29.56	0.307	199.75	2.95	-3.77	-7.09
8.11.	5 26.1	+26 53	405 200	29.49	0.224	211.98	1.59	-4.80	-2.29
8.12.	6 19.3	+27 40	405 100	29.50	0.150	224.22	0.26	-5.62	2.75
8.13.	7 12.8	+27 10	404 000	29.58	0.089	236.45	-0.98	-6.20	7.70
8.14.	8 05.8	+25 23	402 100	29.71	0.043	248.70	-2.09	-6.52	12.24
8.15.	8 57.3	+22 26	399 600	29.90	0.013	260.94	-3.04	-6.54	16.09
8.16.	9 47.1	+18 26	396 700	30.12	0.002	273.19	-3.82	-6.26	19.07
8.17.	10 35.2	+13 34	393 500	30.37	0.011	285.43	-4.42	-5.68	21.08
8.18.	11 21.9	+8 04	390 100	30.63	0.040	297.67	-4.86	-4.80	22.12
8.19.	12 08.1	+2 09	386 700	30.90	0.090	309.91	-5.12	-3.66	22.20
8.20.	12 54.7	-3 57	383 200	31.18	0.159	322.15	-5.20	-2.32	21.33
8.21.	13 42.7	-9 59	379 800	31.47	0.244	334.38	-5.10	-0.83	19.50
8.22.	14 33.3	-15 40	376 400	31.75	0.344	346.60	-4.79	0.74	16.66
8.23.	15 27.5	-20 40	373 200	32.02	0.453	358.82	-4.25	2.28	12.78
8.24.	16 25.9	-24 36	370 200	32.28	0.567	11.03	-3.45	3.72	7.87
8.25.	17 28.3	-27 04	367 700	32.50	0.678	23.23	-2.39	4.96	2.12

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	φ °	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
8.26.	18 33.3	-27 46	366 000	32.65	0.782	35.43	-1.10	5.90	-4.02
8.27.	19 38.5	-26 32	365 100	32.73	0.870	47.61	0.35	6.46	-9.92
8.28.	20 41.6	-23 31	365 500	32.70	0.938	59.80	1.87	6.61	-14.95
8.29.	21 41.0	-19 00	367 100	32.56	0.982	71.98	3.33	6.32	-18.71
8.30.	22 36.3	-13 27	369 900	32.30	0.998	84.15	4.60	5.63	-21.08
8.31.	23 27.0	-7 17	373 900	31.96	0.988	96.33	5.56	4.61	-22.14
9.01.	0 17.0	-0 56	378 700	31.56	0.954	108.51	6.14	3.34	-22.07
9.02.	1 04.5	+5 18	383 900	31.13	0.899	120.69	6.30	1.92	-21.00
9.03.	1 51.6	+11 08	389 200	30.70	0.829	132.87	6.05	0.44	-19.04
9.04.	2 39.0	+16 21	394 200	30.32	0.746	145.06	5.43	-1.03	-16.27
9.05.	3 27.6	+20 47	398 400	29.99	0.656	157.25	4.52	-2.42	-12.76
9.06.	4 17.8	+24 15	401 600	29.75	0.562	169.45	3.38	-3.67	-8.58
9.07.	5 09.6	+26 37	403 700	29.60	0.466	181.66	2.11	-4.75	-3.87
9.08.	6 02.6	+27 46	404 500	29.54	0.373	193.87	0.79	-5.61	1.13
9.09.	6 56.1	+27 38	404 000	29.58	0.284	206.08	-0.49	-6.24	6.15
9.10.	7 49.3	+26 14	402 400	29.70	0.203	218.31	-1.67	-6.61	10.84
9.11.	8 41.3	+23 36	399 800	29.89	0.131	230.53	-2.69	-6.68	14.93
9.12.	9 31.7	+19 51	396 400	30.14	0.072	242.76	-3.50	-6.45	18.20
9.13.	10 20.5	+15 11	392 700	30.43	0.029	254.99	-4.09	-5.90	20.53
9.14.	11 08.0	+9 45	388 700	30.74	0.005	267.22	-4.44	-5.05	21.88
9.15.	11 54.9	+3 49	384 900	31.05	0.002	279.45	-4.56	-3.92	22.24
9.16.	12 41.0	-2 25	381 300	31.34	0.023	291.69	-4.47	-2.56	21.64
9.17.	13 30.3	-8 38	378 100	31.60	0.066	303.92	-4.19	-1.04	20.04
9.18.	14 20.0	-14 33	375 500	31.82	0.131	316.14	-3.73	0.57	17.43
9.19.	15 14.8	-19 48	373 300	32.01	0.216	328.36	-3.11	2.16	13.77
9.20.	16 12.3	-24 01	371 700	32.15	0.315	340.57	-2.35	3.64	9.08
9.21.	17 13.5	-26 50	370 500	32.25	0.426	352.78	-1.46	4.91	3.54
9.22.	18 17.1	-27 57	369 800	32.31	0.540	4.98	-0.45	5.90	-2.47
9.23.	19 21.1	-27 13	369 600	32.33	0.653	17.17	0.64	6.52	-8.37
9.24.	20 23.3	-24 43	370 000	32.30	0.757	29.35	1.75	6.74	-13.55
9.25.	21 22.3	-20 42	371 000	32.21	0.848	41.53	2.84	6.55	-17.61
9.26.	22 17.5	-15 32	372 800	32.05	0.920	53.70	3.82	5.96	-20.38
9.27.	23 09.3	-9 37	375 300	31.84	0.970	65.87	4.62	5.02	-21.87
9.28.	23 58.5	-3 20	378 600	31.56	0.996	78.03	5.18	3.80	-22.20
9.29.	0 46.2	+2 59	382 500	31.24	0.997	90.19	5.44	2.39	-21.51
9.30.	1 33.4	+9 02	386 800	30.89	0.976	102.36	5.38	0.88	-19.89
10.01.	2 20.0	+14 35	391 300	30.54	0.935	114.52	5.00	-0.64	-17.42
10.02.	3 09.6	+19 24	395 500	30.22	0.877	126.69	4.33	-2.10	-14.14
10.03.	3 59.8	+23 17	399 200	29.94	0.805	138.86	3.40	-3.43	-10.15
10.04.	4 51.6	+26 05	402 000	29.73	0.723	151.04	2.28	-4.58	-5.57
10.05.	5 44.6	+27 40	403 800	29.59	0.635	163.22	1.04	-5.52	-0.61
10.06.	6 38.2	+27 58	404 300	29.55	0.542	175.41	-0.25	-6.23	4.45
10.07.	7 31.4	+26 59	403 600	29.61	0.447	187.60	-1.52	-6.66	9.27
10.08.	8 23.6	+24 46	401 500	29.76	0.353	199.80	-2.68	-6.81	13.57
10.09.	9 14.2	+21 24	398 400	29.99	0.264	212.00	-3.67	-6.66	17.11
10.10.	10 03.1	+17 03	394 300	30.30	0.182	224.20	-4.43	-6.20	19.77
10.11.	10 50.8	+11 52	389 700	30.67	0.110	236.42	-4.92	-5.43	21.47
10.12.	11 37.9	+6 03	384 700	31.06	0.053	248.63	-5.10	-4.37	22.20

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	ϕ ′	fázis	C_N %	L_H °	B_H °	P_H °
10.13.	12 25.2	-0 11	380 000	31.45	0.016	260.85	-4.96	-3.04	21.95
10.14.	13 13.7	-6 33	375 700	31.81	0.000	273.06	-4.53	-1.51	20.69
10.15.	14 04.5	-12 46	372 200	32.10	0.010	285.28	-3.83	0.14	18.38
10.16.	14 58.6	-18 25	369 700	32.32	0.046	297.50	-2.92	1.80	14.97
10.17.	15 56.6	-23 06	368 200	32.45	0.106	309.71	-1.84	3.37	10.45
10.18.	16 58.2	-26 23	367 800	32.49	0.188	321.91	-0.67	4.74	4.99
10.19.	18 02.4	-27 56	368 200	32.46	0.287	334.11	0.52	5.81	-1.05
10.20.	19 06.9	-27 38	369 300	32.36	0.397	346.31	1.68	6.51	-7.06
10.21.	20 09.5	-25 31	371 000	32.21	0.511	358.49	2.75	6.81	-12.43
10.22.	21 08.6	-21 51	373 100	32.03	0.623	10.67	3.68	6.70	-16.73
10.23.	22 03.7	-17 01	375 500	31.82	0.728	22.84	4.43	6.19	-19.76
10.24.	22 55.2	-11 23	378 200	31.60	0.820	35.00	4.98	5.33	-21.55
10.25.	23 43.9	-5 17	381 200	31.35	0.895	47.16	5.30	4.19	-22.19
10.26.	0 31.0	+0 57	384 400	31.09	0.952	59.32	5.39	2.84	-21.82
10.27.	1 17.6	+7 03	387 800	30.82	0.986	71.47	5.25	1.36	-20.52
10.28.	2 04.5	+12 45	391 300	30.54	1.000	83.62	4.86	-0.17	-18.36
10.29.	2 52.6	+17 50	394 800	30.27	0.992	95.77	4.25	-1.66	-15.38
10.30.	3 42.3	+22 05	398 100	30.01	0.965	107.92	3.43	-3.04	-11.62
10.31.	4 33.8	+25 17	401 000	29.80	0.921	120.07	2.44	-4.27	-7.21
11.01.	5 26.7	+27 18	403 300	29.63	0.861	132.22	1.29	-5.28	-2.32
11.02.	6 20.4	+28 02	404 700	29.53	0.789	144.38	0.04	-6.06	2.75
11.03.	7 13.8	+27 29	405 000	29.51	0.708	156.54	-1.25	-6.58	7.68
11.04.	8 06.1	+25 40	404 000	29.57	0.619	168.71	-2.52	-6.82	12.15
11.05.	8 56.7	+22 43	401 900	29.74	0.525	180.88	-3.71	-6.76	15.93
11.06.	9 45.5	+18 45	398 500	29.99	0.429	193.06	-4.75	-6.40	18.87
11.07.	10 32.8	+13 56	394 000	30.33	0.333	205.24	-5.56	-5.75	20.90
11.08.	11 19.2	+8 26	388 700	30.74	0.241	217.43	-6.07	-4.80	22.00
11.09.	12 05.7	+2 25	382 900	31.20	0.157	229.62	-6.23	-3.58	22.15
11.10.	12 53.3	-3 54	377 200	31.68	0.087	241.82	-6.01	-2.13	21.32
11.11.	13 43.1	-10 14	371 800	32.14	0.034	254.02	-5.38	-0.52	19.46
11.12.	14 36.4	-16 14	367 400	32.52	0.005	266.22	-4.38	1.17	16.48
11.13.	15 34.0	-21 27	364 200	32.81	0.003	278.42	-3.05	2.81	12.31
11.14.	16 36.2	-25 23	362 600	32.96	0.029	290.62	-1.49	4.30	7.02
11.15.	17 41.8	-27 37	362 400	32.97	0.082	302.82	0.18	5.50	0.94
11.16.	18 48.6	-27 52	363 700	32.85	0.159	315.02	1.82	6.33	-5.34
11.17.	19 53.6	-26 10	366 200	32.63	0.255	327.20	3.32	6.73	-11.09
11.18.	20 54.9	-22 48	369 600	32.33	0.362	339.39	4.57	6.71	-15.77
11.19.	21 51.5	-18 09	373 400	32.00	0.474	351.56	5.52	6.27	-19.14
11.20.	22 43.8	-12 39	377 500	31.66	0.585	3.73	6.13	5.48	-21.21
11.21.	23 32.7	-6 41	381 600	31.32	0.689	15.89	6.41	4.40	-22.11
11.22.	0 19.5	-0 33	385 500	31.00	0.782	28.04	6.39	3.11	-21.98
11.23.	1 05.4	+5 30	389 300	30.70	0.861	40.19	6.10	1.68	-20.94
11.24.	1 51.4	+11 15	392 700	30.43	0.924	52.33	5.58	0.20	-19.05
11.25.	2 38.5	+16 27	395 900	30.18	0.968	64.47	4.87	-1.27	-16.33
11.26.	3 27.2	+20 54	398 800	29.96	0.993	76.61	3.99	-2.66	-12.84
11.27.	4 17.0	+24 24	401 400	29.77	0.999	88.75	2.98	-3.91	-8.63
11.28.	5 10.5	+26 46	403 500	29.62	0.986	100.88	1.87	-4.97	-3.88
11.29.	6 04.1	+27 53	405 000	29.50	0.956	113.02	0.66	-5.81	1.17

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	Δ km	φ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
11.30.	6 57.7	+27 42	405 900	29.44	0.910	125.16	-0.60	-6.38	6.18
12.01.	7 50.3	+26 14	405 800	29.45	0.850	137.30	-1.90	-6.68	10.81
12.02.	8 41.2	+23 37	404 800	29.52	0.777	149.45	-3.18	-6.69	14.80
12.03.	9 29.0	+19 59	402 600	29.68	0.694	161.60	-4.40	-6.41	17.98
12.04.	10 16.9	+15 30	399 300	29.92	0.602	173.75	-5.49	-5.85	20.28
12.05.	11 02.5	+10 20	395 000	30.26	0.505	185.91	-6.39	-5.01	21.67
12.06.	11 47.7	+4 39	389 600	30.67	0.405	198.08	-7.02	-3.92	22.17
12.07.	12 33.5	-1 25	383 600	31.15	0.306	210.25	-7.30	-2.60	21.76
12.08.	13 21.1	-7 36	377 300	31.68	0.212	222.43	-7.16	-1.10	20.39
12.09.	14 11.9	-13 40	371 100	32.20	0.128	234.61	-6.57	0.52	17.97
12.10.	15 07.1	-19 13	365 600	32.68	0.061	246.80	-5.50	2.15	14.38
12.11.	16 07.4	-23 47	361 400	33.07	0.017	258.99	-3.98	3.68	9.57
12.12.	17 12.6	-26 50	358 800	33.31	0.001	271.18	-2.13	5.00	3.70
12.13.	18 20.9	-27 56	358 000	33.38	0.015	283.38	-0.07	5.97	-2.73
12.14.	19 29.2	-26 56	359 100	33.27	0.059	295.57	2.00	6.52	-8.96
12.15.	20 34.3	-23 59	362 000	33.01	0.128	307.75	3.89	6.62	-14.26
12.16.	21 34.4	-19 31	366 100	32.64	0.217	319.93	5.46	6.26	-18.20
12.17.	22 29.5	-14 03	371 200	32.20	0.318	332.11	6.61	5.53	-20.72
12.18.	23 20.4	-8 02	376 600	31.73	0.426	344.28	7.30	4.48	-21.95
12.19.	0 08.3	-1 50	382 100	31.28	0.534	356.44	7.54	3.22	-22.08
12.20.	0 54.6	+4 17	387 200	30.86	0.637	8.60	7.38	1.82	-21.25
12.21.	1 40.4	+10 05	391 900	30.49	0.732	20.75	6.88	0.36	-19.57
12.22.	2 26.9	+15 22	395 900	30.18	0.815	32.89	6.12	-1.08	-17.07
12.23.	3 14.9	+19 57	399 300	29.93	0.884	45.03	5.17	-2.45	-13.80
12.24.	4 04.7	+23 39	402 000	29.73	0.938	57.16	4.09	-3.69	-9.80
12.25.	4 56.5	+26 16	404 000	29.58	0.975	69.29	2.91	-4.75	-5.20
12.26.	5 49.7	+27 41	405 400	29.47	0.995	81.42	1.68	-5.60	-0.23
12.27.	6 43.3	+27 48	406 300	29.41	0.997	93.55	0.42	-6.19	4.81
12.28.	7 36.3	+26 38	406 500	29.40	0.982	105.68	-0.85	-6.52	9.57
12.29.	8 27.7	+24 17	406 000	29.43	0.949	117.82	-2.12	-6.56	13.76
12.30.	9 16.9	+20 52	404 700	29.52	0.900	129.95	-3.37	-6.32	17.16
12.31.	10 04.0	+16 36	402 600	29.68	0.837	142.09	-4.56	-5.80	19.69

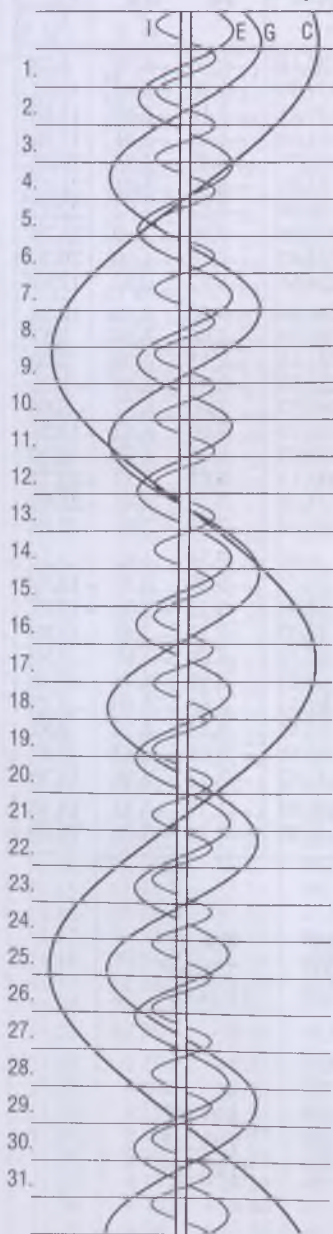
A Hold földközelen:

1.19.19 ^h	2.16.08 ^h	3.12.04 ^h	4.08.02 ^h
5.06.05 ^h	6.03.13 ^h	7.01.23 ^h	7.30.06 ^h
8.27.06 ^h	9.22.21 ^h	10.18.00 ^h	11.14.14 ^h
12.12.21 ^h			

A Hold földtávolban:

1.03.20 ^h	1.31.14 ^h	2.28.11 ^h	3.27.07 ^h
4.24.00 ^h	5.21.12 ^h	6.17.16 ^h	7.14.21 ^h
8.11.10 ^h	9.08.03 ^h	10.05.22 ^h	11.02.18 ^h
11.30.11 ^h	12.27.19 ^h		

Jupiter-holdak – január



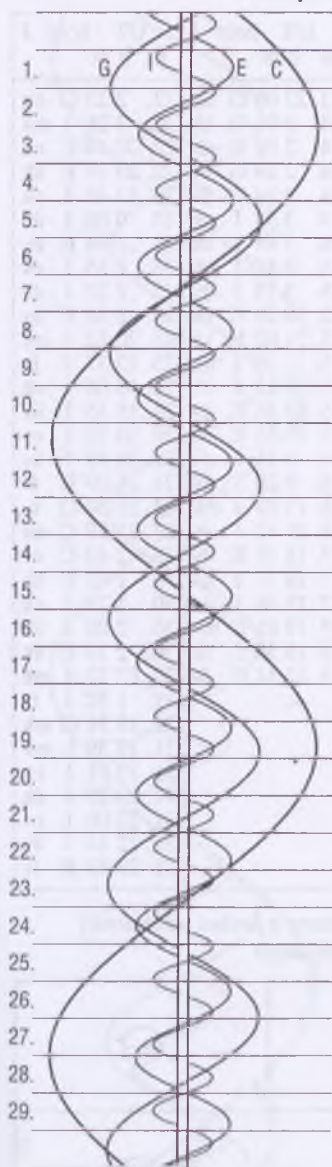
UT hold J				UT hold J				UT hold J			
d	h	m		d	h	m		d	h	m	
3.	0 53	E	fk	11.	21 38	E	ák	21.	1 33	I	ák
4.	21 54	E	áv	11.	23 45	E	ek	21.	2 28	I	ek
4.	22 02	C	ek	12.	0 29	E	áv	21.	3 49	I	áv
5.	0 07	E	ev	12.	2 33	E	ev	21.	4 42	I	ev
5.	0 39	C	ev	12.	5 12	I	ák	21.	5 01	C	ák
5.	3 19	I	ák	12.	23 13	C	fv	21.	22 41	I	fk
5.	4 25	I	ek	13.	2 19	I	fk	22.	1 52	I	mv
5.	22 25	G	fk	13.	2 22	G	fk	22.	20 54	I	ek
6.	0 25	I	fk	13.	21 34	E	mv	22.	22 17	I	áv
6.	1 55	G	fv	13.	23 40	I	ák	22.	23 09	I	ev
6.	3 00	G	mk	14.	0 40	I	ek	23.	23 42	G	áv
6.	3 49	I	mv	14.	1 55	I	áv	23.	23 51	G	ek
6.	21 47	I	ák	14.	2 55	I	ev	24.	3 06	G	ev
6.	22 52	I	ek	15.	0 04	I	mv	26.	2 48	E	ák
7.	0 02	I	áv	15.	21 22	I	ev	26.	4 31	E	ek
7.	1 07	I	ev	16.	23 35	G	ev	27.	21 51	E	fk
7.	22 16	I	mv	19.	0 13	E	ák	28.	2 15	E	mv
10.	3 27	E	fk	19.	2 09	E	ek	28.	3 26	I	ák
				19.	3 04	E	áv	28.	4 14	I	ek
				19.	4 57	E	ev	29.	0 34	I	fk
				20.	4 12	I	fk	29.	3 38	I	mv
				20.	23 55	E	mv	29.	20 29	E	ev
								29.	21 30	C	mk
								29.	21 54	I	ák
								29.	22 40	I	ek
								29.	23 49	C	mv
								30.	0 10	I	áv
								30.	0 55	I	ev
								30.	22 05	I	mv
								31.	0 13	G	ák
								31.	3 18	G	ek
								31.	3 39	G	áv

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – február



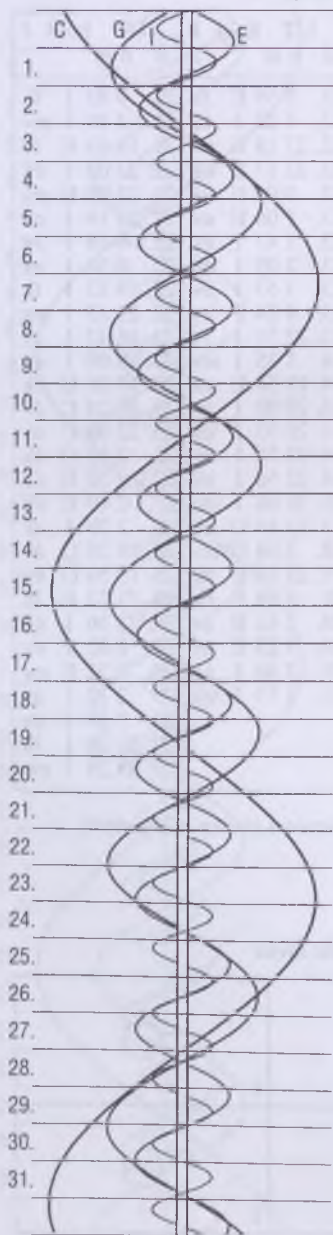
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
3. 20 22 G mv	11. 2 58 E fk	21. 0 45 I fk
4. 0 24 E fk	12. 4 22 I fk	21. 3 19 I mv
4. 4 32 E mv	12. 21 18 E ák	21. 18 48 E fk
5. 2 28 I fk	12. 22 17 E ek	21. 22 03 I ák
5. 20 00 E ek	13. 0 09 E áv	21. 22 09 E mv
5. 21 33 E áv	13. 1 06 E ev	21. 22 19 I ek
5. 22 49 E ev	13. 1 41 I ák	22. 0 18 I áv
5. 23 47 I ák	13. 2 09 I ek	22. 0 34 I ev
6. 0 25 I ek	13. 3 57 I áv	22. 19 13 I fk
6. 2 03 I áv	13. 4 24 I ev	22. 21 45 I mv
6. 2 40 I ev	13. 22 51 I fk	23. 18 47 I áv
6. 20 57 I fk	14. 1 35 I mv	23. 19 00 I ev
6. 23 01 C ák	14. 19 55 E mv	23. 19 36 C ek
6. 23 50 I mv	14. 20 09 I ák	23. 20 24 C áv
7. 2 33 C áv	14. 20 35 I ek	23. 22 00 C ev
7. 4 10 G ák	14. 22 25 I áv	25. 2 12 G fk
7. 20 32 I áv	14. 22 50 I ev	27. 2 30 E ák
7. 21 06 I ev	15. 20 01 I mv	27. 2 49 E ek
10. 23 44 G mv	17. 22 13 G fk	28. 2 39 I fk
	18. 3 04 G mv	28. 19 28 G áv
	19. 23 54 E ák	28. 19 50 G ev
	20. 0 34 E ek	28. 21 22 E fk
	20. 2 45 E áv	28. 23 56 I ák
	20. 3 23 E ev	29. 0 03 I ek
	20. 3 34 I ák	29. 0 22 E mv
	20. 3 53 I ek	29. 2 12 I áv
		29. 2 18 I ev
		29. 21 08 I fk
		29. 23 29 I mv

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – március



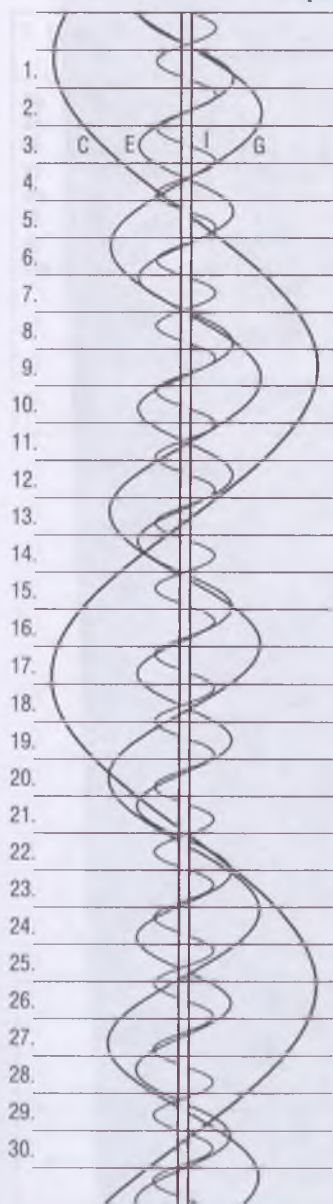
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 18 25 I ák	13. 23 06 G ek	21. 2 23 G ek
1. 18 28 I ek	14. 0 01 G ák	22. 2 26 I mk
1. 18 40 E áv	14. 2 01 E mk	22. 22 44 E ek
1. 18 46 E ev	14. 2 24 G ev	22. 23 39 E ák
1. 20 40 I áv	14. 3 24 G áv	22. 23 40 I ek
1. 20 43 I ev	14. 3 30 I ek	23. 0 06 I ák
2. 17 55 I mv	14. 3 44 I ák	23. 1 34 E ev
3. 1 34 C fk	15. 0 41 I mk	23. 1 55 I ev
6. 19 50 G ek	15. 3 13 I fv	23. 2 22 I áv
6. 20 02 G ák	15. 20 28 E ek	23. 2 30 E áv
6. 23 07 G ev	15. 21 02 E ák	23. 20 52 I mk
6. 23 27 G áv	15. 21 56 I ek	23. 23 37 I fv
6. 23 48 E mk	15. 22 12 I ák	24. 18 06 I ek
7. 1 46 I ek	15. 23 18 E ev	24. 18 35 I ák
7. 1 50 I ák	15. 23 53 E áv	24. 20 21 I ev
7. 2 44 E fv	16. 0 11 I ev	24. 20 50 I áv
7. 4 01 I ek	16. 0 28 I áv	24. 21 09 E fv
7. 4 06 I áv	16. 19 07 I mk	24. 21 30 G fv
7. 22 57 I mk	16. 21 42 I fv	27. 23 57 C ek
8. 1 19 I fv	17. 18 35 E fv	28. 2 49 C ev
8. 18 12 E ek	17. 18 37 I ev	30. 1 02 E ek
8. 18 25 E ák	17. 18 56 I áv	30. 1 25 I ek
8. 20 12 I ek	19. 19 01 C mv	30. 2 00 I ák
8. 20 18 I ák	19. 19 38 C fk	30. 2 16 E ák
8. 21 02 E ev	19. 22 51 C fv	30. 22 37 I mk
8. 21 16 E áv		31. 1 32 I fv
8. 22 27 I ev		31. 19 31 G mk
8. 22 34 I áv		31. 19 39 E mk
9. 19 48 I fv		31. 19 51 I ek
		31. 20 29 I ák
		31. 22 06 I ev
		31. 22 44 I áv
		31. 23 43 E fv

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – április



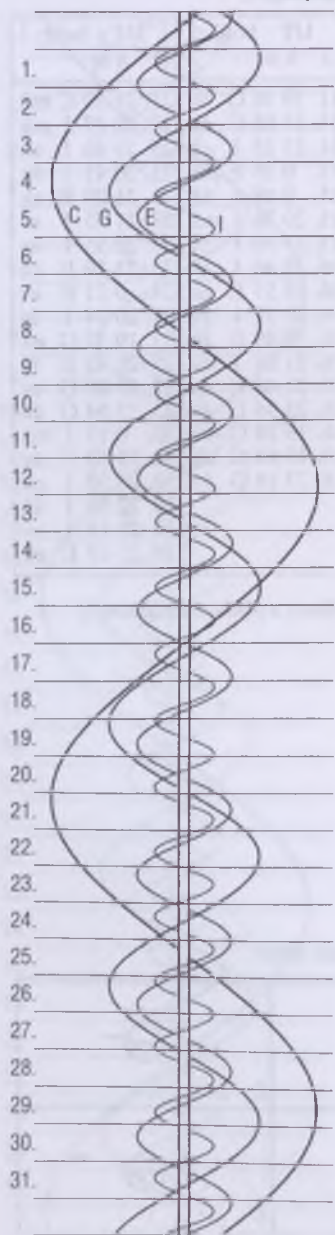
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 1 30 G fv	11. 19 16 G áv	21. 21 59 C mk
1. 20 00 I fv	13. 23 05 C ák	22. 22 27 I mk
2. 18 25 E áv	14. 23 25 I ek	23. 19 40 I ek
7. 0 24 I mk	15. 0 16 E mk	23. 20 41 I ák
7. 21 37 I ek	15. 0 18 I ák	23. 21 20 E ek
7. 21 57 E mk	15. 20 38 I mk	23. 21 55 I ev
7. 22 23 I ák	15. 23 50 I fv	23. 22 55 I áv
7. 22 56 G mk	16. 18 46 I ák	23. 23 26 E ák
7. 23 52 I ev	16. 18 55 E ek	24. 0 11 E ev
8. 0 38 I áv	16. 20 07 I ev	24. 20 14 I fv
8. 18 50 I mk	16. 20 49 E ák	25. 19 37 G ek
8. 21 55 I fv	16. 21 01 I áv	25. 20 42 E fv
9. 19 07 I áv	16. 21 46 E ev	25. 23 00 G ev
9. 19 23 E ev	16. 23 39 E áv	25. 23 54 G ák
9. 21 02 E áv	18. 19 24 G ev	30. 0 17 I mk
	18. 19 54 G ák	30. 19 53 C áv
	18. 23 14 G áv	30. 21 30 I ek
		30. 22 35 I ák
		30. 23 45 I ev
		30. 23 47 E ek

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – május



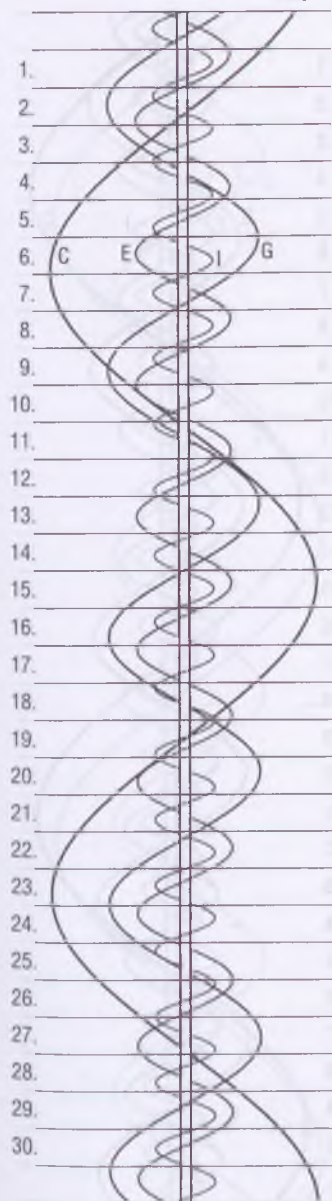
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 22 09 I fv	11. 20 48 E áv	23. 21 34 I ek
2. 19 18 I áv	13. 20 29 G mv	23. 22 48 I ák
2. 23 17 E fv	13. 22 03 G fk	24. 22 23 I fv
2. 23 17 G ek	15. 22 28 I mk	25. 20 00 C fk
6. 21 23 G fv	16. 19 41 I ek	25. 20 39 E ek
7. 23 21 I ek	16. 20 53 I ák	25. 22 28 C fv
8. 20 36 I mk	16. 21 55 I ev	27. 20 19 E fv
9. 20 03 I ev	16. 23 07 I áv	31. 20 45 I mk
9. 20 41 E mk	16. 23 11 E mk	
9. 21 13 I áv	16. 23 17 C ek	
	17. 20 28 I fv	
	18. 20 36 E ák	
	18. 20 55 E ev	
	20. 20 54 G mk	

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – június



UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 20 12 I ev	12. 20 33 E áv	23. 21 04 I mk
1. 21 26 I áv	18. 21 16 G fv	24. 20 30 I ev
2. 20 23 C ev	19. 20 22 E ák	25. 20 34 G mv
7. 22 04 G ev	19. 20 45 E ev	26. 20 37 E ck
8. 21 06 I ák		27. 20 23 C mk
9. 20 42 I fv		

Jelölések a Jupiter-holdak táblázataiban

A holdakat kezdőbetűjükkel rövidítjük:

I = Io E = Europa
G = Ganymedes C = Callisto

J = a megfigyelhető jelenség:

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

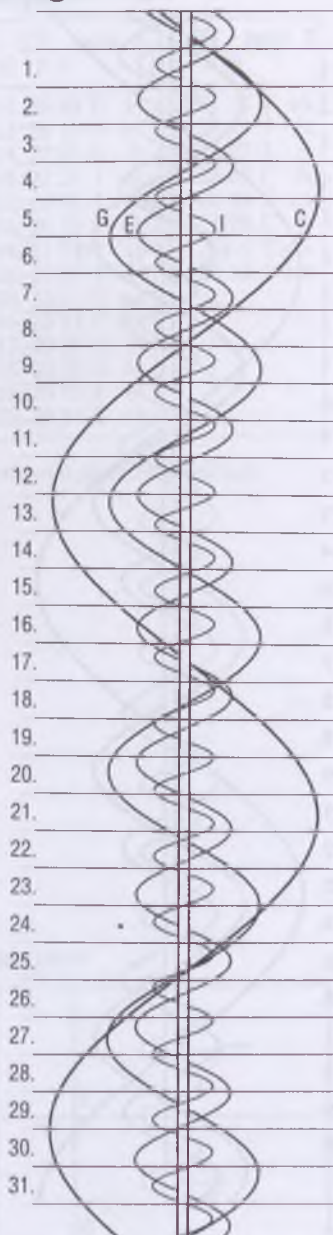
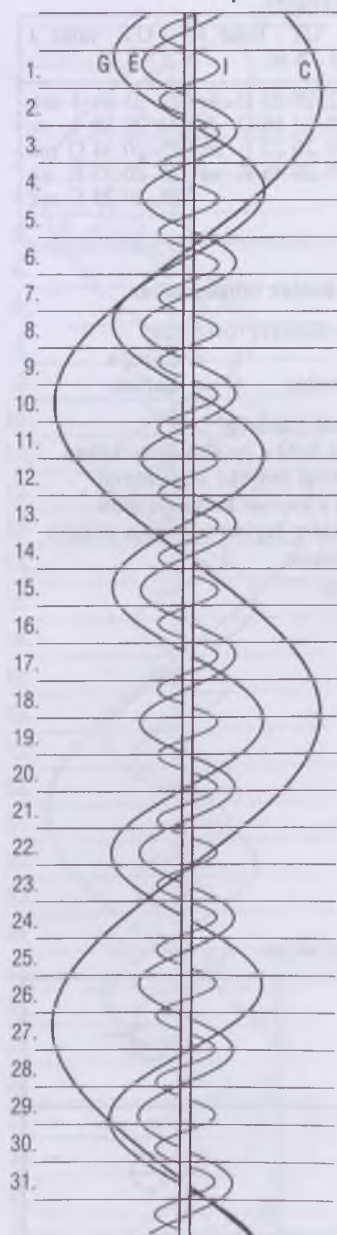
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

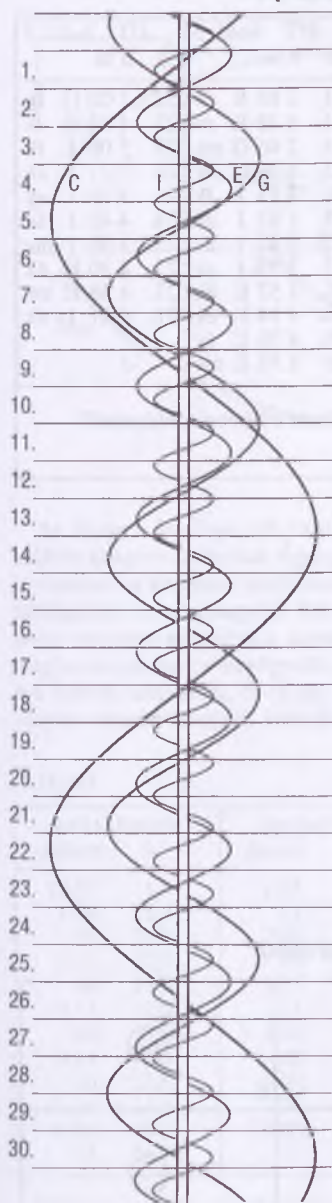
A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – július, augusztus



Jupiter-holdak – november



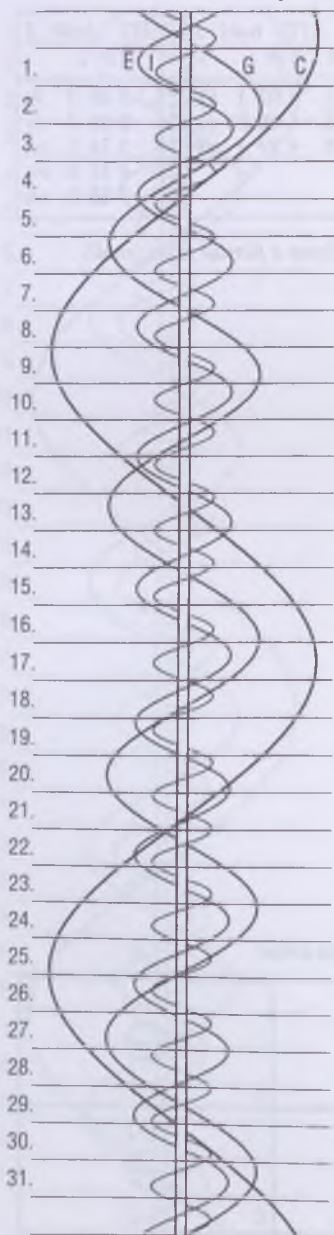
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
8. 4 22 I áv	15. 4 02 I ák	23. 3 08 I fk
9. 4 06 E ev	16. 4 08 E ek	24. 2 38 I áv
	16. 4 19 I mv	24. 3 34 I ev
		25. 4 31 E mv
		27. 3 23 G ek

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I 	E
G 	C

Jupiter-holdak – december



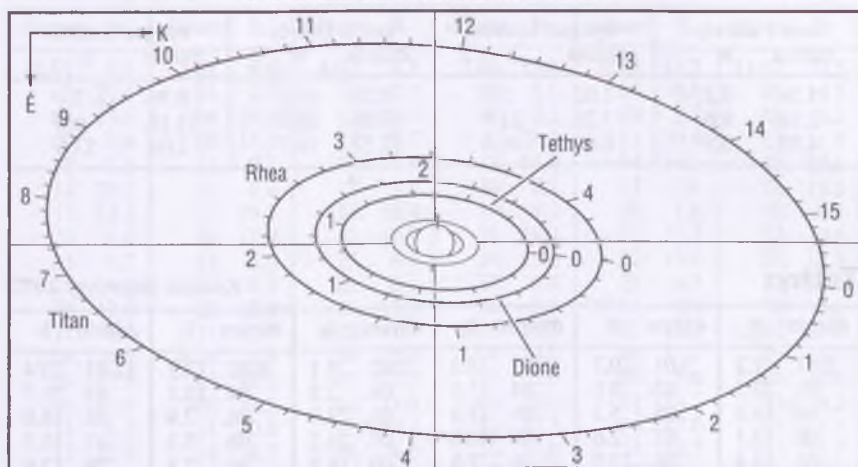
UT hold J			UT hold J			UT hold J		
d	h	m	d	h	m	d	h	m
1.	2 18	I ák	11.	2 05	E áv	22.	1 20	G fk
1.	3 19	I ek	11.	4 15	E ev	22.	4 12	G fv
1.	4 31	I áv	15.	2 06	G mk	23.	5 08	I fk
2.	2 24	E fk	15.	4 45	G mv	24.	2 27	I ák
2.	2 43	I mv	16.	3 15	I fk	24.	3 39	I ek
4.	3 20	G ák	17.	1 43	I ek	24.	4 40	I áv
8.	4 12	I ák	17.	2 47	I áv	25.	3 00	I mv
9.	4 40	I mv	17.	3 55	I ev	25.	4 30	E ák
9.	5 00	E fk	18.	1 57	E ák	27.	4 38	E mv
10.	1 58	I ev	18.	4 14	E ek	31.	4 21	I ák
			18.	4 38	E áv			
			20.	1 59	E mv			

(A jelölések magyarázata a júniusi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

A Szaturnusz-holdak



Az ábrán a legfényesebb Szaturnusz-holdak pályája látható az aktuális évre átlagolt rálátási szögben. A holdak legnagyobb keleti kitérésének helyét 0 jelzi. A pályák mentén leolvasható a kitéréstől eltelt napok száma, a kisebb osztások 4 órának felelnek meg. A táblázatokban a legnagyobb keleti kitérés időpontja szerepel UT-ben. A Titan és a Iapetus esetében megadtuk a legnagyobb nyugati kitérés időpontját is. Egy hold helyének meghatározásához a megfigyelés időpontjából vonjuk ki az ezt közvetlenül megelőző keleti kitérés időpontját, és az így kapott időkülönbséget keressük meg az ábrán, a hold pályája mentén felrajzolt időskálán.

Titan

Közepes fényesség: 8^m.3

keleti kitérés		nyugati kitérés		keleti kitérés		nyugati kitérés	
dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
12.25.	1.8	1.01.	22.6	7.03.	17.3	7.11.	15.7
1.09.	23.0	17.	19.9	19.	18.4	27.	16.7
25.	20.3	2.02.	17.4	8.04.	19.4	8.12.	17.6
2.10.	17.9	18.	15.2	20.	20.3	28.	18.2
26.	16.0	3.05.	13.6	9.05.	20.9	9.13.	18.6
3.13.	14.6	21.	12.6	21.	21.1	29.	18.6
29.	13.9	4.06.	12.0	10.07.	21.0	10.15.	18.2
4.14.	13.6	22.	12.0	23.	20.4	31.	17.4
30.	13.8	5.08.	12.3	11.08.	19.3	11.16.	16.0
5.16.	14.4	24.	12.9	24.	17.7	12.02.	14.2
6.01.	15.2	6.09.	13.8	12.10.	15.6	18.	11.9
17.	16.2	25.	14.7	26.	13.2	1.03.	9.3

Iapetus

Közepes fényesség: 11^m1

keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h	keleti kitérés dátum h	nyugati kitérés dátum h
11.24. 7.2	1.02. 5.9	7.20. 15.2	8.30. 3.1
2.10. 9.6	3.20. 21.9	10.09. 18.3	11.18. 6.9
4.30. 3.9	6.09. 16.4	12.27. 19.7	2.04. 13.6

Tethys

Közepes fényesség: 10^m2

dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h
1.01. 1.2	3.01. 10.7	5.02. 18.3	7.02. 5.1	9.02. 13.2	11.01. 23.4
02. 22.5	03. 8.0	04. 15.6	04. 2.5	04. 10.5	03. 20.7
04. 19.8	05. 5.3	06. 13.0	05. 23.8	06. 7.9	05. 18.0
06. 17.1	07. 2.6	08. 10.3	07. 21.2	08. 5.2	07. 15.3
08. 14.4	08. 23.9	10. 7.6	09. 18.5	10. 2.5	09. 12.6
10. 11.7	10. 21.2	12. 5.0	11. 15.8	11. 23.8	11. 9.9
12. 8.9	12. 18.5	14. 2.3	13. 13.2	13. 21.2	13. 7.2
14. 6.2	14. 15.8	15. 23.6	15. 10.5	15. 18.5	15. 4.5
16. 3.5	16. 13.1	17. 21.0	17. 7.8	17. 15.8	17. 1.8
18. 0.8	18. 10.5	19. 18.3	19. 5.2	19. 13.1	18. 23.1
19. 22.1	20. 7.8	21. 15.7	21. 2.5	21. 10.5	20. 20.4
21. 19.4	22. 5.1	23. 13.0	22. 23.9	23. 7.8	22. 17.7
23. 16.7	24. 2.4	25. 10.3	24. 21.2	25. 5.1	24. 15.0
25. 14.0	25. 23.7	27. 7.7	26. 18.5	27. 2.4	26. 12.3
27. 11.3	27. 21.1	29. 5.0	28. 15.9	28. 23.8	28. 9.6
29. 8.6	29. 18.4	31. 2.4	30. 13.2	30. 21.1	30. 6.9
31. 5.8	31. 15.7	6.01. 23.7	8.01. 10.5	10.02. 18.4	12.02. 4.2
2.02. 3.1	4.02. 13.0	03. 21.0	03. 7.9	04. 15.7	04. 1.5
04. 0.4	04. 10.4	05. 18.4	05. 5.2	06. 13.0	05. 22.8
05. 21.7	06. 7.7	07. 15.7	07. 2.6	08. 10.3	07. 20.0
07. 19.0	08. 5.0	09. 13.0	08. 23.9	10. 7.7	09. 17.3
09. 16.3	10. 2.3	11. 10.4	10. 21.2	12. 5.0	11. 14.6
11. 13.6	11. 23.7	13. 7.7	12. 18.6	14. 2.3	13. 11.9
13. 10.9	13. 21.0	15. 5.1	14. 15.9	15. 23.6	15. 9.2
15. 8.2	15. 18.3	17. 2.4	16. 13.2	17. 20.9	17. 6.5
17. 5.5	17. 15.6	18. 23.7	18. 10.6	19. 18.2	19. 3.8
19. 2.8	19. 13.0	20. 21.1	20. 7.9	21. 15.5	21. 1.1
21. 0.1	21. 10.3	22. 18.4	22. 5.2	23. 12.8	22. 22.4
22. 21.4	23. 7.6	24. 15.8	24. 2.6	25. 10.2	24. 19.6
24. 18.7	25. 5.0	26. 13.1	25. 23.9	27. 7.5	26. 16.9
26. 16.0	27. 2.3	28. 10.5	27. 21.2	29. 4.8	28. 14.2
28. 13.3	28. 23.6	30. 7.8	29. 18.5	31. 2.1	30. 11.5
	30. 21.0		31. 15.9		

Dione

Közepes fényesség: 10^m4

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.01.	4.5	3.01.	9.0	5.03.	8.5	7.02.	15.0	9.03.	15.2	11.02.	20.8
03.	22.1	04.	2.7	06.	2.2	05.	8.8	06.	8.9	05.	14.5
06.	15.8	06.	20.4	08.	19.9	08.	2.5	09.	2.7	08.	8.2
09.	9.4	09.	14.1	11.	13.7	10.	20.3	11.	20.4	11.	1.9
12.	3.1	12.	7.8	14.	7.4	13.	14.0	14.	14.1	13.	19.6
14.	20.7	15.	1.4	17.	1.2	16.	7.8	17.	7.8	16.	13.2
17.	14.4	17.	19.2	19.	18.9	19.	1.5	20.	1.6	19.	6.9
20.	8.0	20.	12.9	22.	12.7	21.	19.3	22.	19.3	22.	0.6
23.	1.7	23.	6.6	25.	6.4	24.	13.0	25.	13.0	24.	18.3
25.	19.3	26.	0.3	28.	0.2	27.	6.8	28.	6.7	27.	11.9
28.	13.0	28.	18.0	30.	17.9	30.	0.5	10.01.	0.4	30.	5.6
31.	6.6	31.	11.7	6.02.	11.7	8.01.	18.3	03.	18.2	12.02.	23.2
2.03.	0.3	4.03.	5.4	05.	5.4	04.	12.0	06.	11.9	05.	16.9
05.	17.9	05.	23.1	07.	23.2	07.	5.8	09.	5.6	08.	10.6
08.	11.6	08.	16.9	10.	17.0	09.	23.5	11.	23.3	11.	4.2
11.	5.3	11.	10.6	13.	10.7	12.	17.3	14.	17.0	13.	21.9
13.	22.9	14.	4.3	16.	4.5	15.	11.0	17.	10.7	16.	15.5
16.	16.6	16.	22.0	18.	22.2	18.	4.8	20.	4.4	19.	9.2
19.	10.3	19.	15.8	21.	16.0	20.	22.5	22.	22.1	22.	2.8
22.	3.9	22.	9.5	24.	9.7	23.	16.3	25.	15.8	24.	20.5
24.	21.6	25.	3.2	27.	3.5	26.	10.0	28.	9.5	27.	14.1
27.	15.3	27.	21.0	29.	21.2	29.	3.7	31.	3.2	30.	7.7
		30.	14.7			31.	21.5				

Rhea

Közepes fényesség: 9^m7

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
12.30.	20.0	3.03.	0.8	5.05.	7.8	7.03.	3.6	9.04.	11.9	11.02.	6.3
1.04.	8.3	07.	13.2	09.	20.4	07.	16.2	09.	0.4	06.	18.7
08.	20.6	12.	1.7	14.	9.0	12.	4.8	13.	13.0	11.	7.2
13.	8.9	16.	14.1	18.	21.6	16.	17.4	18.	1.5	15.	19.6
17.	21.2	21.	2.6	23.	10.2	21.	6.0	22.	14.0	20.	7.9
22.	9.6	25.	15.1	27.	22.7	25.	18.6	27.	2.6	24.	20.3
26.	21.9	30.	3.6	6.01.	11.3	30.	7.2	10.01.	15.1	29.	8.7
31.	10.2	4.03.	16.1	05.	23.9	8.03.	19.8	06.	3.6	12.03.	21.0
2.04.	22.5	08.	4.6	10.	12.6	08.	8.4	10.	16.1	08.	9.4
09.	10.9	12.	17.1	15.	1.2	12.	21.0	15.	4.5	12.	21.7
13.	23.3	17.	5.6	19.	13.8	17.	9.6	19.	17.0	17.	10.0
18.	11.6	21.	18.2	24.	2.4	21.	22.2	24.	5.4	21.	22.4
23.	0.0	26.	6.7	28.	15.0	26.	10.8	28.	17.9	26.	10.7
27.	12.4	30.	19.3			30.	23.3			30.	23.0

Kisbolygók

1 Ceres

szembenállás: 01.09.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01. 07 34.1		+29 15	6.9	2.15. 06 56.0		+32 09	7.5	3.31. 07 11.5		+31 23	8.3
06. 07 29.2		+29 47	6.8	20. 06 54.6		+32 12	7.6	4.05. 07 16.5		+31 10	8.4
11. 07 24.1		+30 17	6.8	25. 06 54.1		+32 12	7.7	10. 07 22.0		+30 56	8.4
16. 07 18.9		+30 43	6.9	3.01. 06 54.4		+32 10	7.8	15. 07 27.9		+30 40	8.5
21. 07 13.9		+31 07	7.0	06. 06 55.4		+32 06	7.9	20. 07 34.2		+30 22	8.5
26. 07 09.1		+31 26	7.1	11. 06 57.3		+32 00	8.0	25. 07 40.9		+30 03	8.6
31. 07 04.9		+31 42	7.2	16. 06 59.9		+31 53	8.1	30. 07 47.9		+29 43	8.6
2.05. 07 01.2		+31 55	7.3	21. 07 03.1		+31 45	8.2				
10. 06 58.2		+32 03	7.4	26. 07 07.0		+31 34	8.2				

2 Pallas

szembenállás: 2005.03.23.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
12.01. 11 37.2		-11 12	8.9	12.16. 11 58.7		-11 40	8.7	12.31. 12 17.1		-11 25	8.6
06. 11 44.6		-11 25	8.8	21. 12 05.2		-11 40	8.7				
11. 11 51.8		-11 34	8.8	26. 12 11.3		-11 36	8.6				

3 Juno

szembenállás: 07.09.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.04. 19 31.2		-04 55	10.1	7.04. 19 10.5		-04 51	9.6	8.03. 18 45.8		-06 50	9.8
09. 19 28.8		-04 45	10.1	09. 19 06.1		-05 03	9.6	08. 18 42.7		-07 19	9.8
14. 19 25.9		-04 39	10.0	14. 19 01.7		-05 19	9.6	13. 18 40.2		-07 48	9.9
19. 19 22.6		-04 37	9.9	19. 18 57.3		-05 38	9.6	18. 18 38.2		-08 18	10.0
24. 19 18.8		-04 38	9.8	24. 18 53.1		-05 59	9.7	23. 18 36.8		-08 49	10.0
29. 19 14.8		-04 43	9.7	29. 18 49.3		-06 24	9.7	28. 18 36.1		-09 20	10.1

5 Astraea

szembenállás: 04.26.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
3.26. 14 48.8		-07 59	10.3	4.15. 14 36.3		-06 05	9.9	5.05. 14 18.9		-04 24	9.9
31. 14 46.6		-07 32	10.2	20. 14 32.1		-05 36	9.8	10. 14 14.9		-04 07	10.1
4.05. 14 43.7		-07 04	10.1	25. 14 27.7		-05 09	9.8	15. 14 11.2		-03 54	10.2
10. 14 40.3		-06 34	10.0	30. 14 23.2		-04 45	9.8	20. 14 08.0		-03 45	10.3

4 Vesta

szembenállás: 09.13.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.04.	23 26.2	-08 48	7.6	8.18.	00 04.0	-10 39	6.4	11.01.	23 16.4	-15 30	7.1
09.	23 32.3	-08 28	7.5	23.	00 01.3	-11 18	6.4	06.	23 16.8	-15 09	7.2
14.	23 38.1	-08 11	7.5	28.	23 58.0	-11 59	6.3	11.	23 17.8	-14 44	7.3
19.	23 43.4	-07 57	7.4	9.02.	23 54.2	-12 39	6.2	16.	23 19.5	-14 16	7.4
24.	23 48.3	-07 47	7.4	07.	23 50.0	-13 19	6.1	21.	23 21.8	-13 44	7.5
29.	23 52.8	-07 41	7.3	12.	23 45.5	-13 56	6.1	26.	23 24.7	-13 08	7.6
7.04.	23 56.7	-07 38	7.2	17.	23 41.0	-14 30	6.1	12.01.	23 28.0	-12 31	7.6
09.	00 00.2	-07 40	7.1	22.	23 36.4	-15 00	6.2	06.	23 31.8	-11 50	7.7
14.	00 03.0	-07 47	7.1	27.	23 32.1	-15 24	6.3	11.	23 36.1	-11 08	7.8
19.	00 05.2	-07 58	7.0	10.02.	23 28.1	-15 43	6.4	16.	23 40.7	-10 23	7.9
24.	00 06.8	-08 14	6.9	07.	23 24.6	-15 55	6.5	21.	23 45.7	-09 37	7.9
29.	00 07.6	-08 35	6.8	12.	23 21.6	-16 02	6.6	26.	23 51.0	-08 49	8.0
8.03.	00 07.8	-09 00	6.7	17.	23 19.3	-16 02	6.8	31.	23 56.6	-08 00	8.0
08.	00 07.3	-09 29	6.6	22.	23 17.6	-15 56	6.9				
13.	00 06.0	-10 03	6.5	27.	23 16.6	-15 46	7.0				

6 Hebe

szembenállás: 01.12.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01.	07 39.9	+08 31	8.8	1.31.	07 10.8	+13 05	9.0	3.01.	07 01.1	+17 21	9.8
06.	07 34.9	+09 10	8.7	2.05.	07 07.3	+13 53	9.1	06.	07 02.1	+17 54	9.9
11.	07 29.7	+09 53	8.6	10.	07 04.5	+14 39	9.3	11.	07 03.9	+18 24	10.0
16.	07 24.5	+10 39	8.7	15.	07 02.5	+15 23	9.4	16.	07 06.3	+18 52	10.1
21.	07 19.6	+11 27	8.8	20.	07 01.2	+16 05	9.5				
26.	07 14.9	+12 16	8.9	25.	07 00.8	+16 45	9.7				

7 Iris

szembenállás: 03.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01.	11 43.0	-05 06	10.1	2.15.	11 36.9	-06 42	9.4	3.31.	10 57.5	-02 34	9.4
06.	11 45.0	-05 34	10.1	20.	11 33.0	-06 28	9.3	4.05.	10 54.4	-02 03	9.5
11.	11 46.4	-05 59	10.0	25.	11 28.7	-06 08	9.2	10.	10 51.9	-01 34	9.7
16.	11 47.1	-06 20	9.9	3.01.	11 24.1	-05 44	9.1	15.	10 50.0	-01 09	9.8
21.	11 47.1	-06 36	9.8	06.	11 19.3	-05 17	9.0	20.	10 48.8	-00 47	9.9
26.	11 46.4	-06 47	9.8	11.	11 14.5	-04 46	9.0	25.	10 48.2	-00 28	10.0
31.	11 45.0	-06 54	9.7	16.	11 09.8	-04 14	9.0	30.	10 48.2	-00 13	10.1
2.05.	11 42.9	-06 55	9.6	21.	11 05.3	-03 40	9.2				
10.	11 40.2	-06 51	9.5	26.	11 01.2	-03 06	9.3				

8 Flora

szembenállás: 2005.01.14.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
11.01. 07 57.7	+17 39	9.9		11.26. 08 15.4	+17 35	9.5		12.21. 08 10.4	+19 08	9.0	
06. 08 02.8	+17 32	9.9		12.01. 08 16.4	+17 45	9.4		26. 08 06.5	+19 39	8.9	
11. 08 07.2	+17 28	9.8		06. 08 16.4	+17 59	9.3		31. 08 02.0	+20 12	8.8	
16. 08 10.8	+17 27	9.7		11. 08 15.3	+18 18	9.2					
21. 08 13.6	+17 29	9.6		16. 08 13.3	+18 41	9.1					

9 Metis

szembenállás: 09.14.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
8.03. 00 08.0	-08 20	10.1		9.07. 23 51.4	-11 23	9.2		10.12. 23 21.1	-13 34	9.6	
08. 00 07.7	-08 38	10.0		12. 23 46.9	-11 53	9.1		17. 23 18.4	-13 32	9.7	
13. 00 06.6	-08 59	9.8		17. 23 42.2	-12 21	9.1		22. 23 16.4	-13 24	9.8	
18. 00 04.8	-09 24	9.7		22. 23 37.4	-12 45	9.1		27. 23 15.1	-13 11	9.9	
23. 00 02.4	-09 52	9.6		27. 23 32.8	-13 05	9.2		11.01. 23 14.6	-12 53	10.0	
28. 23 59.3	-10 22	9.4		10.02. 23 28.4	-13 20	9.3		06. 23 14.9	-12 30	10.1	
9.02. 23 55.6	-10 53	9.3		07. 23 24.5	-13 30	9.4					

11 Parthenope

szembenállás: 07.09.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.04. 19 39.2	-17 48	9.9		7.04. 19 20.2	-19 17	9.1		8.03. 18 54.3	-21 22	9.6	
09. 19 37.7	-17 57	9.8		09. 19 15.5	-19 38	8.9		08. 18 51.7	-21 40	9.7	
14. 19 35.4	-18 08	9.7		14. 19 10.7	-20 00	9.0		13. 18 49.8	-21 57	9.8	
19. 19 32.5	-18 22	9.5		19. 19 06.0	-20 22	9.2		18. 18 48.8	-22 12	9.9	
24. 19 28.8	-18 39	9.4		24. 19 01.6	-20 43	9.3					
29. 19 24.7	-18 57	9.2		29. 18 57.7	-21 03	9.4					

15 Eunomia

szembenállás: 02.11.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.01. 09 59.1	+06 23	9.6		2.05. 09 32.7	+05 39	9.0		3.11. 09 02.6	+06 43	9.6	
06. 09 56.9	+06 07	9.5		10. 09 27.6	+05 45	9.0		16. 09 00.3	+06 52	9.7	
11. 09 54.2	+05 54	9.5		15. 09 22.6	+05 53	9.0		21. 08 58.6	+07 00	9.8	
16. 09 50.8	+05 44	9.4		20. 09 17.8	+06 02	9.1		26. 08 57.5	+07 06	9.9	
21. 09 46.8	+05 38	9.3		25. 09 13.3	+06 12	9.2		31. 08 57.1	+07 10	10.0	
26. 09 42.4	+05 36	9.2		3.01. 09 09.2	+06 23	9.4					
31. 09 37.6	+05 36	9.1		06. 09 05.6	+06 33	9.5					

16 Psyche

szembenállás: 08.04.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
7.04. 21 17.8	-13 42	10.1		7.29. 21 02.4	-15 09	9.5		8.23. 20 42.9	-17 00	9.8	
09. 21 15.6	-13 55	10.0		8.03. 20 58.4	-15 32	9.4		28. 20 39.7	-17 19	9.9	
14. 21 12.9	-14 10	9.9		08. 20 54.3	-15 55	9.4		9.02. 20 37.0	-17 36	10.0	
19. 21 09.8	-14 28	9.8		13. 20 50.3	-16 17	9.5		07. 20 34.9	-17 50	10.0	
24. 21 06.3	-14 48	9.7		18. 20 46.4	-16 39	9.7		12. 20 33.4	-18 02	10.1	

17 Thetis

szembenállás: 06.23.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
6.09. 18 20.3	-16 52	10.3		6.24. 18 06.8	-17 34	10.0		7.09. 17 53.6	-18 30	10.3	
14. 18 16.1	-17 04	10.2		29. 18 02.1	-17 51	10.1					
19. 18 11.5	-17 18	10.0		7.04. 17 57.7	-18 10	10.2					

20 Massalia

szembenállás: 05.15.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
4.25. 15 48.6	-19 33	10.2		5.10. 15 34.8	-18 43	9.8		5.25. 15 20.0	-17 46	10.0	
30. 15 44.3	-19 18	10.1		15. 15 29.7	-18 24	9.7		30. 15 15.5	-17 29	10.1	
5.05. 15 39.7	-19 01	10.0		20. 15 24.8	-18 05	9.8		6.04. 15 11.4	-17 12	10.2	

21 Lutetia

szembenállás: 11.02.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
10.12. 02 56.4	+12 42	10.3		10.27. 02 43.0	+11 54	9.9		11.11. 02 28.0	+11 06	10.1	
17. 02 52.4	+12 27	10.2		11.01. 02 38.0	+11 37	9.8		16. 02 23.5	+10 54	10.2	
22. 02 47.9	+12 11	10.1		06. 02 32.9	+11 21	9.9					

27 Euterpe

szembenállás: 11.07.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.22. 03 16.6	+15 48	10.3		10.27. 03 03.9	+14 47	9.2		12.01. 02 32.1	+12 56	9.5	
27. 03 17.3	+15 47	10.2		11.01. 02 59.3	+14 29	9.0		06. 02 29.4	+12 50	9.6	
10.02. 03 17.1	+15 44	10.0		06. 02 54.3	+14 10	8.8		11. 02 27.6	+12 49	9.7	
07. 03 16.1	+15 38	9.9		11. 02 49.3	+13 52	8.9		16. 02 26.7	+12 52	9.9	
12. 03 14.2	+15 29	9.7		16. 02 44.3	+13 34	9.1		21. 02 26.7	+13 00	10.0	
17. 03 11.5	+15 17	9.6		21. 02 39.7	+13 18	9.2		26. 02 27.7	+13 12	10.1	
22. 03 08.0	+15 03	9.4		26. 02 35.6	+13 05	9.4		31. 02 29.5	+13 29	10.2	

29 Amphitrite

szembenállás: 2003.11.29.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.01. 03 45.2	+29 21	9.5		1.16. 03 43.9	+28 36	9.8		1.31. 03 50.1	+28 09	10.1	
06. 03 43.9	+29 04	9.6		21. 03 45.2	+28 24	9.9		2.05. 03 53.6	+28 04	10.2	
11. 03 43.5	+28 49	9.7		26. 03 47.2	+28 15	10.0		10. 03 57.8	+28 01	10.3	

30 Urania

szembenállás: 12.31.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
12.16. 07 03.8	+24 37	10.3		12.26. 06 53.0	+24 44	10.1					
21. 06 58.6	+24 41	10.2		31. 06 47.2	+24 45	9.9					

40 Harmonia

szembenállás: 10.13.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.07. 01 52.3	+04 04	10.2		10.02. 01 38.6	+02 06	9.6		10.27. 01 15.0	+00 09	9.6	
12. 01 51.0	+03 46	10.1		07. 01 34.1	+01 39	9.5		11.01. 01 10.8	-00 04	9.8	
17. 01 49.0	+03 24	10.0		12. 01 29.3	+01 12	9.4		06. 01 07.2	-00 11	9.9	
22. 01 46.2	+03 00	9.9		17. 01 24.4	+00 47	9.4		11. 01 04.3	-00 13	10.1	
27. 01 42.7	+02 33	9.7		22. 01 19.6	+00 26	9.5		16. 01 02.0	-00 10	10.2	

80 Sappho

szembenállás: 11.25.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
11.06. 04 29.1	+16 44	10.3		11.21. 04 14.8	+14 32	10.0		12.06. 03 59.9	+12 38	10.3	
11. 04 24.8	+16 00	10.2		26. 04 09.6	+13 50	10.0					
16. 04 20.0	+15 15	10.1		12.01. 04 04.6	+13 12	10.1					

88 Thisbe

szembenállás: 06.20.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
6.04. 18 10.3	-25 16	10.3		6.19. 17 57.1	-24 42	9.8		7.04. 17 43.3	-23 59	10.2	
09. 18 06.2	-25 06	10.2		24. 17 52.3	-24 28	9.9		09. 17 39.3	-23 44	10.3	
14. 18 01.7	-24 54	10.0		29. 17 47.7	-24 14	10.1					

135 Hertha

szembenállás: 10.07.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.27. 00 58.5	+08 26	10.4		10.07. 00 49.2	+07 44	10.1		10.17. 00 40.4	+07 00	10.4	
10.02. 00 53.9	+08 06	10.2		12. 00 44.6	+07 22	10.2					

192 Nausikaa

szembenállás: 12.25.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
11.21.	06 54.6	+34 11	10.3	12.06.	06 43.4	+34 55	10.0	12.21.	06 25.1	+35 07	9.7
26.	06 51.9	+34 27	10.2	11.	06 37.8	+35 03	9.9	26.	06 18.6	+35 01	9.7
12.01.	06 48.1	+34 42	10.1	16.	06 31.7	+35 08	9.8	31.	06 12.2	+34 49	9.8

324 Bamberga

szembenállás: 07.23.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
7.04.	20 41.6	-29 34	9.8	7.29.	20 15.8	-29 08	9.2	8.23.	19 50.8	-26 55	9.6
09.	20 37.6	-29 35	9.6	8.03.	20 09.9	-28 51	9.2	28.	19 48.0	-26 17	9.7
14.	20 32.8	-29 34	9.4	08.	20 04.3	-28 28	9.3	9.02.	19 46.1	-25 37	9.8
19.	20 27.5	-29 29	9.3	13.	19 59.1	-28 01	9.4	07.	19 45.3	-24 55	9.9
24.	20 21.8	-29 21	9.2	18.	19 54.5	-27 30	9.5	12.	19 45.6	-24 12	10.0

344 Desiderata

szembenállás: 05.05.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
4.25.	15 06.7	-13 08	10.3	5.05.	14 54.5	-14 29	9.8	5.15.	14 41.0	-15 56	10.0
30.	15 00.9	-13 48	10.1	10.	14 47.8	-15 12	9.9	20.	14 34.4	-16 41	10.2

387 Aquitania

szembenállás: 07.23.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.24.	20 26.3	-08 55	10.3	7.14.	20 16.4	-13 00	9.7	8.03.	20 01.8	-18 08	9.7
29.	20 24.7	-09 46	10.1	19.	20 12.8	-14 15	9.6	08.	19 58.6	-19 22	9.9
7.04.	20 22.5	-10 45	10.0	24.	20 09.1	-15 32	9.5	13.	19 55.9	-20 33	10.0
09.	20 19.7	-11 50	9.9	29.	20 05.4	-16 50	9.6	18.	19 53.8	-21 39	10.2

532 Herculina

szembenállás: 2005.01.16.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
12.01.	08 21.6	+18 32	10.1	12.16.	08 19.9	+20 06	9.7	12.31.	08 11.9	+22 16	9.3
06.	08 21.8	+18 59	10.0	21.	08 17.9	+20 46	9.6				
11.	08 21.2	+19 30	9.9	26.	08 15.2	+21 29	9.5				

Üstökösök

88P/Howell

szembenállás: 10.26.
földközelen: 09.29. 1.267 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.21.	17 14.56	-23 00.2	1.628	2.243	41	13.0
31.	17 48.07	-23 42.0	1.575	2.143	43	12.5
02.10.	18 23.09	-23 57.8	1.526	2.050	45	12.0
20.	18 59.27	-23 44.4	1.482	1.966	47	11.6
03.01.	19 36.14	-22 59.6	1.444	1.892	49	11.2
11.	20 13.17	-21 43.4	1.413	1.829	50	10.9
21.	20 49.83	-19 57.7	1.390	1.775	51	10.6
31.	21 25.61	-17 46.5	1.375	1.732	53	10.4
04.10.	22 00.14	-15 15.3	1.368	1.698	54	10.3
20.	22 33.16	-12 30.6	1.370	1.672	55	10.3
30.	23 04.49	-09 39.0	1.381	1.652	57	10.4
05.10.	23 34.06	-06 46.7	1.400	1.636	58	10.5
20.	00 01.85	-03 58.9	1.428	1.622	61	10.7
30.	00 27.84	-01 19.9	1.462	1.608	63	11.0
06.09.	00 52.00	+01 07.2	1.503	1.593	66	11.3
19.	01 14.31	+03 20.2	1.549	1.575	70	11.6
29.	01 34.66	+05 17.6	1.600	1.553	74	12.0
07.09.	01 52.93	+06 58.8	1.655	1.527	78	12.3
19.	02 08.93	+08 23.5	1.713	1.495	84	12.7
29.	02 22.40	+09 31.6	1.774	1.460	90	13.0

C/2003 K4 (LINEAR)

szembenállás: 06.17.
földközelen: 07.06. 1.419 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
03.31.	20 14.60	+22 42.7	3.026	3.286	66	11.9
04.10.	20 15.08	+24 52.9	2.912	3.040	73	11.6
20.	20 13.18	+27 25.7	2.797	2.787	80	11.2
30.	20 07.92	+30 23.6	2.680	2.533	87	10.8
05.10.	19 57.86	+33 47.6	2.563	2.284	94	10.4
20.	19 40.81	+37 35.2	2.445	2.047	101	9.9
30.	19 13.58	+41 33.1	2.326	1.832	106	9.5
06.09.	18 32.38	+45 05.6	2.206	1.650	109	9.0
19.	17 35.48	+47 04.3	2.086	1.515	109	8.6
29.	16 29.05	+46 08.1	1.966	1.437	105	8.2
07.09.	15 26.88	+41 55.5	1.846	1.421	97	7.9
19.	14 38.59	+35 32.9	1.727	1.460	87	7.7
29.	14 04.60	+28 30.3	1.610	1.541	75	7.5
08.08.	13 41.27	+21 44.9	1.496	1.647	63	7.3
18.	13 25.01	+15 37.1	1.387	1.760	52	7.1
28.	13 13.22	+10 07.8	1.285	1.867	41	6.9
09.07.	13 04.10	+05 09.5	1.194	1.955	30	6.7

C/2002 T7 (LINEAR)

szembenállás: 2003.11.21.
földközelen: 05.19. 0.266 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ''	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	01 12.02	+26 09.9	2.127	1.633	106	8.3
11.	00 50.13	+22 38.9	1.985	1.717	91	8.2
21.	00 34.61	+19 41.2	1.840	1.809	76	7.9
31.	00 23.86	+17 18.0	1.692	1.896	63	7.7
02.10.	00 16.44	+15 24.4	1.541	1.966	51	7.3
20.	00 11.22	+13 53.2	1.388	2.009	39	6.9
03.01.	00 07.32	+12 36.9	1.233	2.016	28	6.4

C/2001 Q4 (NEAT)

szembenállás: 2003.11.13.
földközelen: 05.07. 0.322 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ''	r AU	Δ AU	E °	m
05.05.	07 05.86	-27 01.1	0.981	0.325	76	1.0
10.	07 55.93	-01 25.5	0.967	0.337	73	1.0
15.	08 32.09	+18 26.2	0.962	0.415	71	1.4
20.	08 58.33	+30 43.2	0.965	0.529	70	2.0
25.	09 17.87	+38 15.1	0.975	0.658	68	2.5
30.	09 32.95	+43 09.4	0.993	0.792	65	3.0
06.09.	09 55.14	+49 03.6	1.049	1.056	61	3.8
19.	10 12.00	+52 29.3	1.128	1.302	57	4.6
29.	10 26.97	+54 46.7	1.223	1.521	53	5.3
07.09.	10 41.77	+56 29.4	1.330	1.713	51	5.9
19.	10 57.44	+57 54.0	1.444	1.878	50	6.5
29.	11 14.55	+59 10.2	1.563	2.015	50	7.0
08.08.	11 33.54	+60 24.1	1.685	2.127	51	7.4
18.	11 54.90	+61 39.2	1.808	2.217	54	7.8
28.	12 19.12	+62 57.9	1.932	2.288	57	8.2
09.07.	12 46.83	+64 20.3	2.056	2.343	61	8.5
17.	13 18.88	+65 45.1	2.180	2.387	66	8.8
27.	13 56.17	+67 08.7	2.303	2.424	71	9.0
10.07.	14 39.53	+68 24.1	2.425	2.459	76	9.3
17.	15 29.30	+69 21.8	2.546	2.496	81	9.5
27.	16 24.49	+69 51.3	2.665	2.542	86	9.8
11.06.	17 22.42	+69 43.4	2.784	2.601	90	10.0
16.	18 19.34	+68 56.2	2.901	2.676	93	10.3
26.	19 11.95	+67 35.1	3.018	2.771	95	10.5
12.06.	19 58.54	+65 50.9	3.133	2.886	95	10.8
16.	20 39.02	+63 55.8	3.247	3.021	94	11.0
26.	21 14.07	+62 00.5	3.359	3.175	92	11.3

C/2003 H1 (LINEAR)

szembenállás: 03.13.
földközelen: 03.16. 1.336 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	14 48.25	-13 04.3	2.322	2.719	56	12.3
11.	14 44.03	-15 00.1	2.295	2.496	67	12.1
21.	14 36.27	-17 06.8	2.273	2.261	78	11.8
31.	14 23.30	-19 26.7	2.257	2.022	91	11.6
02.10.	14 02.78	-21 59.5	2.247	1.792	104	11.3
20.	13 31.64	-24 35.0	2.243	1.586	119	11.0
03.01.	12 47.22	-26 41.5	2.244	1.429	135	10.8
11.	11 50.74	-27 22.9	2.251	1.344	148	10.7
21.	10 50.75	-25 57.5	2.264	1.351	149	10.7
31.	09 58.67	-22 53.4	2.283	1.448	137	10.9
04.10.	09 19.93	-19 22.4	2.307	1.615	122	11.2
20.	08 53.52	-16 13.8	2.337	1.826	108	11.5
30.	08 36.38	-13 44.2	2.371	2.061	95	11.8
05.10.	08 25.69	-11 52.8	2.410	2.304	84	12.1
20.	08 19.43	-10 33.6	2.454	2.544	73	12.4
30.	08 16.23	-09 41.0	2.501	2.773	64	12.7
06.09.	08 15.13	-09 10.0	2.553	2.986	56	12.9

78P/Gehrels 2

szembenállás: 11.13.
földközelen: 11.09. 1.023 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
07.19.	01 53.87	+14 55.5	2.167	2.006	85	13.1
29.	02 10.27	+16 06.6	2.138	1.876	90	12.8
08.08.	02 25.98	+17 06.4	2.112	1.750	96	12.5
18.	02 40.70	+17 53.4	2.089	1.628	102	12.2
28.	02 54.06	+18 25.8	2.068	1.513	109	11.9
09.07.	03 05.64	+18 42.4	2.050	1.404	116	11.6
17.	03 14.97	+18 41.9	2.035	1.304	123	11.3
27.	03 21.59	+18 23.5	2.023	1.216	132	11.1
10.07.	03 25.19	+17 47.2	2.015	1.141	141	10.9
17.	03 25.63	+16 54.0	2.010	1.082	151	10.8
27.	03 23.23	+15 47.5	2.008	1.042	161	10.7
11.06.	03 18.79	+14 33.8	2.010	1.024	172	10.6
16.	03 13.49	+13 21.1	2.015	1.029	174	10.7
26.	03 08.73	+12 18.7	2.023	1.058	163	10.8
12.06.	03 05.70	+11 33.5	2.035	1.109	153	11.0
16.	03 05.17	+11 09.4	2.050	1.181	142	11.2
26.	03 07.51	+11 06.5	2.068	1.270	133	11.5

43P/Wolf-Harrington

szembenállás: 2003.09.11.
földközelen: 2003.10.22. 1.289 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.01.	23 56.53	+13 17.4	1.753	1.543	85	12.6
11.	00 17.79	+13 13.5	1.714	1.594	80	12.5
21.	00 40.88	+13 24.7	1.678	1.645	75	12.5
31.	01 05.58	+13 47.8	1.647	1.697	70	12.4
02.10.	01 31.67	+14 18.5	1.622	1.749	66	12.4
20.	01 58.95	+14 52.9	1.602	1.802	62	12.3
03.01.	02 27.25	+15 27.1	1.588	1.856	59	12.4
11.	02 56.36	+15 57.2	1.580	1.912	56	12.4
21.	03 26.07	+16 20.1	1.579	1.970	53	12.4
31.	03 56.17	+16 32.9	1.584	2.031	50	12.5
04.10.	04 26.43	+16 33.2	1.596	2.094	47	12.7
20.	04 56.63	+16 19.8	1.614	2.162	45	12.8

29P/Schwassmann–Wachmann 1

szembenállás: 09.27.
földközelen: 09.29. 4.734 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
05.10.	00 05.38	+06 59.6	5.724	6.381	46	*
20.	00 11.25	+07 50.0	5.724	6.263	54	
30.	00 16.56	+08 38.0	5.724	6.132	62	
06.09.	00 21.21	+09 22.9	5.724	5.991	70	
19.	00 25.12	+10 04.2	5.724	5.842	78	
29.	00 28.20	+10 41.2	5.724	5.689	87	
07.09.	00 30.35	+11 13.3	5.724	5.534	96	
19.	00 31.52	+11 39.8	5.724	5.382	105	
29.	00 31.64	+12 00.0	5.724	5.236	114	
08.08.	00 30.71	+12 13.4	5.724	5.102	124	
18.	00 28.74	+12 19.5	5.724	4.983	133	
28.	00 25.83	+12 18.1	5.724	4.883	143	
09.07.	00 22.13	+12 09.3	5.724	4.806	153	
17.	00 17.86	+11 53.8	5.725	4.756	163	
27.	00 13.30	+11 32.8	5.725	4.735	170	
10.07.	00 08.75	+11 07.7	5.725	4.744	168	
17.	00 04.53	+10 40.7	5.725	4.783	159	
27.	00 00.91	+10 13.9	5.726	4.850	149	
11.06.	23 58.13	+09 49.2	5.726	4.943	139	
16.	23 56.35	+09 28.6	5.727	5.059	128	
26.	23 55.67	+09 13.3	5.727	5.193	118	
12.06.	23 56.11	+09 04.4	5.728	5.340	108	
16.	23 57.67	+09 02.3	5.729	5.497	99	
26.	00 00.27	+09 07.3	5.729	5.657	89	

* Az üstökös 15–16^m-s alapfényességről rendszertelen időközönként 13–11^m-ra fényesedik.

2002 üstökösei

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
P/1986 R1 (Russell – LINEAR)	F. Watson				
P/1993 WU (Russell – LINEAR)	K. Russell	Siding Spring	09.03.	1.24S	17
C/1997 O2 (SOHO)	C. Shoemaker	Palomar	11.19.	0.46S	17.5
C/1997 S4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	07.25.		
C/1997 U8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.29.		
C/1997 U9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.19.		
C/1998 V8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.23.		
C/1998 V9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.03.		
	X. Leprette				
C/1998 W7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.08.		
C/1998 X12 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.28.		
C/1998 X12 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	12.07.		
C/1999 M4 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.24.		
C/1999 O4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	07.18.		
C/2000 C7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	02.04.		
C/2000 F2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	03.19.		
C/2000 F3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	03.28.		
C/2000 G3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.10.		
P/2000 QD181 (Russell – LINEAR)	LINEAR	Socorro	08.31.	0.99T	19.0
C/2000 S5	T. Mäkinen	SOHO – SWAN	09.19.		11.6
C/2000 T5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.07.		
C/2000 T6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.12.		
C/2000 X9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	12.03.		
C/2001 C7 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	02.11.		
C/2001 D1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	02.18.		
C/2001 H8 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	04.17.		
C/2001 J5 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	05.13.		
C/2001 K10 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	05.18.		
C/2001 K11 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.16.		
C/2001 L10 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.01.		
C/2001 L11 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.08.		
C/2001 Q8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.24.		
C/2001 R7 (SOHO)	M. Oates	SOHO	09.12.		
C/2001 R8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.06.		
C/2001 R9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.07.		
C/2001 V6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.02.		8
C/2001 X10 (SOHO)	M. Oates	SOHO	12.15.		
C/2002 A1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.08.	0.99T	18.7
C/2002 A2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.08.	0.99T	18.4

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2002 A3 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.13.	0.99T	17.6
C/2002 A4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	01.01.		
P/2002 AR2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.06.	0.99T	18.9
C/2002 B1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.26.	0.99T	18.2
C/2002 B2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.23.	0.99T	18.7
C/2002 B3 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	01.26.	0.99T	19.5
P/2002 BV (Yeung)	W. Yeung	Desert Eagle	01.21.	0.45T	20.4
C/2002 C1 (Ikeya— Zhang)	K. Ikeya D. Zhang	Mori Kaifeng	02.01.	0.25T 0.20T	9.0 8.5
C/2002 C2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.01.	0.99T	17.8
C/2002 C3 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	02.04.		
C/2002 C4 (SOHO)	T. Hoffman	SOHO	02.10.		
P/2002 CW134 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	02.07.	0.99T	20.1
C/2002 D1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	02.22.		
C/2002 E1 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	03.02.		
C/2002 E2 (Snyder— Murakami)	D. Snyder S. Murakami	Palominas Matsunoyama	03.11.	0.50T 0.46T	13.0 11
C/2002 E3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	03.15.		
P/2002 EJ57 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	03.13.	0.99T	18.5
C/2002 F1 (Utsunomiya)	S. Utsunomiya	Minami	03.18.	25×150	10.0
C/2002 F2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	03.20.		
C/2002 F3 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	03.25.		
C/2002 G1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.02.		
C/2002 G2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.04.		
C/2002 G3 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	04.12.		8.5
C/2002 G4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	04.04.		
C/2002 G5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.12.		
C/2002 H1 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	04.17.		
C/2002 H2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	04.22.	0.99T	15.9
C/2002 H3 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	04.17.		
C/2002 H4 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	04.18.		
C/2002 H5 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	04.19.		
C/2002 H6 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	04.26.		
C/2002 H7 (SOHO)	D. Evans	SOHO	04.23.		
C/2002 H8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	04.20.		
C/2002 J1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.01.		
C/2002 J2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.03.		
C/2002 J3 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	05.13.		
C/2002 J4 (NEAT)	NEAT	Palomar	05.13.	1.22S	18.0
C/2002 J5 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.15.	0.99T	18.2
C/2002 J6 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	05.14.		
C/2002 J7 (SOHO)	R. Matson	SOHO	05.15.		
C/2002 J8 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	05.13.		

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
P/2002 JN16 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.09.	0.99T	18.0
C/2002 K1 (NEAT)	NEAT	Haleakala	05.16.	1.22T	19.6
C/2002 K2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	05.16.	0.99T	18.2
C/2002 K3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	05.18.		
C/2002 K4 (NEAT)	NEAT	Haleakala	05.27.	1.22T	18.5
C/2002 K5 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	05.23.		
C/2002 K6 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	05.24.		
C/2002 K7 (SOHO)	D.-h. Chen	SOHO	05.25.		
C/2002 K8 (SOHO)	R. Matson	SOHO	05.25.		
C/2002 K9 (SOHO)	R. Matson	SOHO	05.25.		
C/2002 K10 (SOHO)	D. Evans	SOHO	05.30.		
C/2002 L1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.05.		
C/2002 L2 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	06.06.		
C/2002 L3 (SOHO)	D. Hanson	SOHO	06.07.		
C/2002 L4 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	06.07.		
C/2002 L5 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	06.11.		
C/2002 L6 (SOHO)	D. Hanson	SOHO	06.08.		
C/2002 L7 (SOHO)	D. Evans	SOHO	06.14.		
C/2002 L8 (SOHO)	M. Oates	SOHO	06.15.		
C/2002 L9 (NEAT)	NEAT	Haleakala	06.13.	1.22T	17.6
C/2002 M1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.20.		
C/2002 M2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.17.		
C/2002 M3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	06.23.		
C/2002 M4 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	06.27.		
C/2002 M5 (SOHO)	T. Hoffman	SOHO	06.27.		
C/2002 M6 (SOHO)	R. Matson	SOHO	06.28.		
C/2002 M7 (SOHO)	R. Matson	SOHO	06.28.		
C/2002 M8 (SOHO)	D. Evans	SOHO	06.16.		
C/2002 N1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	07.08.		
C/2002 N2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	07.11.		
C/2002 O1 (SOHO)	R. Matson	SOHO	07.16.		
C/2002 O2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	07.16.		
C/2002 O3 (SOHO)	R. Matson	SOHO	07.16.		
C/2002 O4 (Hoenig)	S. Hönig	Dossenheim	07.22.	0.25T	12
P/2002 O5 (NEAT)	NEAT	Haleakala	07.30.	1.22T	17.2
C/2002 O6 (SWAN)	M. Suzuki	SOHO—SWAN	07.25.		9
C/2002 O7 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	07.29.	0.99T	20.0
P/2002 O8 (NEAT)	NEAT	Palomar	07.29.	1.22S	17.5
C/2002 P1 (NEAT)	NEAT	Palomar	08.07.	1.22S	19.6
C/2002 P2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.10.		
C/2002 P3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.12.		
P/2002 Q1 (Van Ness)	M. Van Ness	Flagstaff	08.17.	0.59S	16.9
C/2002 Q2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	08.26.	0.99T	18.8

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2002 Q3 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	08.26.	0.99T	19.3
P/2002 Q4 (Brewington)	F. Artigue H. Cucurullo G. Trancredi				
C/2002 Q5 (LINEAR)	LINEAR	Los Molinos	08.26.	0.46T	16.6
C/2002 Q6 (SOHO)	X. Leprette	Socorro	08.28.	0.99T	17.3
C/2002 Q7 (SOHO)	J. Sachs	SOHO	08.23.		
C/2002 Q8 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	08.23.		
C/2002 Q9 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.19.		
C/2002 Q10 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	08.27.		
C/2002 Q11 (SOHO)	J. Sachs	SOHO	08.29.		
C/2002 Q12 (SOHO)	D. Evans	SOHO	08.18.		
C/2002 Q13 (SOHO)	D. Evans	SOHO	08.27.		
C/2002 Q14 (SOHO)	D. Evans	SOHO	08.29.		
C/2002 R1 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.02.		
P/2002 R2 (Shoemaker 3)	T Oribe	Saji	09.09.	1.03T	18.0
	A. Nakamura	Kuma	09.12.	0.60T	18.6
C/2002 R3 (LONEOS)	B. Skiff	Flagstaff	09.04.	0.59S	18.2
C/2002 R4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.03.		
C/2002 R5 (SOHO)	R. Matson	SOHO	09.05.		
C/2002 R6 (SOHO)	D. Evans	SOHO	09.13.		
C/2002 R7 (SOHO)	J. Sachs	SOHO	09.13.		
C/2002 R8 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.15.		
P/2002 S1 (Skiff)	B. Skiff	Flagstaff	09.17.	0.59S	18.0
C/2002 S2 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	09.17.		
C/2002 S3 (SOHO)	X. Leprette S. Hönig	SOHO	09.17.		
C/2002 S4 (SOHO)	R. Matson	SOHO	09.17.		
C/2002 S5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	09.19.		
C/2002 S6 (SOHO)	M. Oates	SOHO	09.20.		
C/2002 S7 (SOHO)	R. Matson	SOHO	09.20.		
C/2002 S8 (SOHO)	D. Evans	SOHO	09.21.		
C/2002 S9 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	09.23.		
C/2002 S10 (SOHO)	M. Boschat	SOHO	09.26.		
C/2002 S11 (SOHO)	T. Scarmato	SOHO	09.30.		
P/2002 T1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.03.	0.99T	16.2
C/2002 T2 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.04.		
C/2002 T3 (SOHO)	M. Oates	SOHO	10.08.		
54P/2002 T4 (de Vico– Swift)	NEAT	Palomar	10.11.	1.22S	19.3
P/2002 T5 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.05.	0.99T	18.4
P/2002 T6 (NEAT– LINEAR)	NEAT LINEAR	Palomar Socorro	10.04. 10.07.	1.22S 0.99T	20.1 19.4

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
C/2002 T7 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.14.	0.99T	17.5
C/2002 U1 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.16.		
C/2002 U2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	10.25.	0.99T	17.3
C/2002 U3 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.17.		
C/2002 U4 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.22.		
C/2002 U5 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.26.		
C/2002 U6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	10.28.		
C/2002 U7 (SOHO)	R. Matson	SOHO	10.30.		
C/2002 U8 (SOHO)	X. Leprette	SOHO	10.31.		
C/2002 U9 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	10.31.		
C/2002 V1 (NEAT)	NEAT	Haleakala	11.06.	1.22T	17.3
C/2002 V2 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	11.05.	0.99T	18.6
C/2002 V3 (SOHO)	D. Evans	SOHO	11.09.		
C/2002 V4 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.09.		
C/2002 V5 (SOHO)	R. Matson	SOHO	11.11.		
C/2002 V6 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	11.13.		
C/2002 V7 (SOHO)	R. Matson	SOHO	11.15.		
C/2002 W1 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	11.16.		
C/2002 W2 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.17.		
C/2002 W3 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	11.18.		
C/2002 W4 (SOHO)	M. Meyer	SOHO	11.19.		
C/2002 W5 (SOHO)	S. Hönig	SOHO	11.19.		
C/2002 W6 (SOHO)	R. Matson	SOHO	11.20.		
C/2002 W7 (SOHO)	D. Evans	SOHO	11.21.		
C/2002 W8 (SOHO)	K. Cernis	SOHO	11.22.		
C/2002 X1 (LINEAR)	LINEAR	Socorro	12.05.	0.99T	18.0
P/2002 X2 (NEAT)	NEAT	Palomar	12.07.	1.22S	18.4
C/2002 X3 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	12.04.		8.5
C/2002 X4 (SOHO)	X.-M. Zhou	SOHO	12.04.		7.5
C/2002 X5 (Kudo – Fujikawa)	T. Kudo S. Fujikawa	Nishi Oonohara	12.13. 12.14.	20×120 0.16T	9.5 9
C/2002 X6 (SOHO)	R. Kracht	SOHO	12.02.		
C/2002 Y1 (Juels – Holvorcem)	C. Juels P. Holvorcem	Fountain Hills	12.28.	0.12L	15.1
C/2002 Y2 (SOHO)	R. Matson	SOHO	12.19.		
22P/Kopff	LONEOS	Flagstaff	e12.19.	0.59S	18.5
7P/Pons – Winnecke	LINEAR	Socorro	01.11.	0.99T	19.4
	Sárneckzy K. Heiner Zs.	Piszkéstető	01.11.	0.60S	19.2
	T. Oribe	Saji	01.19.	1.03T	18.5

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
82P/Gehrels 3	Sárneczky K.	Piszkéstető	01.11.	0.60S	20.5
15P/Finlay	Heiner Zs.	Ageo	01.27.	0.18T	15.4
	K. Kadota	Toyonaka	01.27.	0.30T	15.3
	Y. Ezaki	Socorro	02.20.	0.99T	19.2
53P/Van Biesbroeck	LINEAR	Kitt Peak	02.20.	1.82Sw	19.3
	Spacewatch	Toyonaka	03.12.	0.30T	18.0
125P/Spacewatch	Y. Ezaki	Kitt Peak	06.13.	1.82Sw	22.0
	T. Gehrels				
92P/Sanguin	D. Kinoshita				
	N. Yamamoto				
	S. Miyasaka	Mauna Kea	04.07.	8.20T	20.6
115P/Maury	NEAT	Palomar	06.06.	1.22S	18.4
	A. Nakamura	Kuma Kogen	05.12.	0.60T	19.5
	C. Rinner	Ottmarsheim	05.14.	0.30T	18.7
57P/du Toit – Neujmin – Delporte	H. Abe	Yatsuka	05.05.	0.26T	17.0
	LINEAR	Socorro	05.16.	0.99T	17.7
46P/Wirtanen	H. Bönhardt				
	G. Tozzi	Paranal	e12.09.	8.20T	
	G. Garradd				
67P/Churyumov – Gerasimenko	R. McNaught	Siding Spring	06.23.	1.02T	17.6
	K. Kadota	Ageo	06.18.	0.18T	15.0
118P/Shoemaker – Levy 4	A. Nakamura	Kuma	08.19.	0.60T	18.6
	LONEOS	Flagstaff	08.31.	0.59S	17.9
81P/Wild 2	LINEAR	Socorro	09.05.	0.99T	19.1
123/West – Hartley	S. Lawry				
	S. Edgar	Kitt Peak	09.14.	3.81T	20.5
	J. Scotti	Kitt Peak	09.15.	1.82Sw	22.3
94P/Russell 4	A. Nakamura	Kuma Kogen	11.28.	0.60T	19.3
	LINEAR	Socorro	12.05.	0.99T	19.1

A táblázat első része a 2002-ben felfedezett, valamint az 1986 és 2001 közötti archív felvételeken 2002-ben azonosított üstökösöket tartalmazza. Az új felfedezések mellett azok az üstökösök is szerepelnek, melyek első visszatérését 2002-ben észlelték. A felfedezés dátuma előtti *e* betűjel arra utal, hogy az első észlelés 2001-ben történt.

Az ideiglenes jelölés és a név után a felfedező vagy újrafelfedező neve, a felfedezés helye, időpontja és műszere, valamint a felfedező által megadott összfényesség (SOHO-üstökösöknél a maximális észlelt fényesség) szerepel. A P/ jelölés 25 évnél rövidebb keringési időt jelez. A műszer rovatban az objektívtávmérőt méterben adtuk meg. L = lencsés távcső, T = tükrös távcső, S = Schmidt-teleszkóp, Sw = Spacewatch kamera, szorozókerezzel összekapcsolt számpár = binokulár. A második rész a régóta ismert, több napközelség során megfigyelt üstökösöket tartalmazza. Itt a P/ előtt álló szám az IAU által kiadott hivatalos sorszám.

Meteorrajok

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	radiáns				vándorlása	
				v $\frac{\text{km}}{\text{s}}$	RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Quadrantidák	QUA	01.01–05.	01.03.	42	230	49	283	0.80	–0.20
Nü Aurigidák	NUA	01.01–10.	01.05.		87	35	285		
Delta Cancridák	DCA	01.05–24.	01.14.	28	126	20	294	0.90	–0.10
Alfa Canis Maioridák	ACM	01.03–02.02.	01.15.		105	–17	295		
Gamma Corvidák	GCO	01.08–29.	01.22.		185	–18	302		
Alfa Hydridák	AHY	01.05–02.14.	01.24.		140	–10	304		
Alfa Leonidák	ALE	12.28–02.13.	01.29.		159	6	309		
Pszí Leonidák	PLE	01.14–02.23.	01.29.		143	17	309		
Alfa Aurigidák	AAU	01.15–02.20.	02.10.		74	43	321		
Delta Leonidák	DLE	02.05–03.19.	02.26.	23	159	19	338	0.75	–0.50
Virginidák	VIR	02.03–04.15.	03.10.	35	186	0	350	0.81	–0.33
Zéta Bootidák	DBO	03.05–15.	03.12.		218	12	352		
Cameloparidák	CAM	03.14–04.07.	03.19.	7	119	68	359	1.35	0.51
Delta Draconidák	DDR	03.28–04.17.	04.04.	27	281	68	14		
Kappa Serpentidák	KSE	04.01–07.	04.04.	45	230	18	14		
Szigma Leonidák	SLE	03.21–05.13.	04.17.	20	195	–5	27	0.44	0.11
Áprilisi Lyridák	LYR	04.16–25.	04.22.	48	271	34	32	1.10	0.00
Mű Virginidák	MVI	04.01–05.12.	04.25.	29	221	–5	35	0.53	–0.30
Alfa Bootidák	ABO	04.14–05.12.	04.28.	20	218	19	38	0.90	–0.10
Fi Bootidák	FBO	04.16–05.12.	04.30.	12	240	51	40		
Alfa Scorpiidák	ASC	03.26–06.04.	05.03.	35	240	–22	43	0.90	–0.10
Éta Aquaridák	ETA	04.19–05.28.	05.04.	66	336	–2	44	0.90	0.40
Májusi Capricornidák	ACA	04.19–05.26.	05.08.		305	–13	48		
Gamma Capricornidák	GCA	04.26–05.25.	05.11.		326	–17	50		
Északi Ophiuchidák	NOP	04.25–05.31.	05.13.	30	249	–14	52	0.90	–0.10
Alfa Coronidák	ACO	05.01–31.			231	27	49		
Májusi Ursidák	UMI	05.05–06.06.	05.16.		233	76	55		
Déli Ophiuchidák	SOP	05.10–29.	05.20.	30	258	–24	59	0.90	–0.10
Tau Herculidák	THE	05.19–06.14.	06.03.	15	228	39	72	–0.10	0.90
Khi Scorpiidák	CSC	05.24–06.20.	06.05.	21	247	–13	74	0.90	–0.10
Théta Ophiuchidák	TOP	06.04–16.	06.13.	27	267	–20	82	0.90	0.00
Júniusi Lyridák	JLY	06.11–21.	06.16.	31	278	35	85	0.80	0.00
Corvidák	COR	06.25–30.	06.26.	10	192	–19	95		
Rho Sagittaridák	RSA	06.15–07.08.	06.27.		293	–17	96		
Tau Cetidák	CET	06.18–07.04.	06.27.		24	–12	96		
Júniusi Bootidák	JBO	06.27–28.	06.28.	14	219	49	99		
Tau Aquaridák	TAQ	06.19–07.05.	06.30.		343	–12	99		
Alfa Cygnidák	ACG	07.01–09.30.	07.15.		315	48	113		
Omikron Draconidák	ODR	07.07–24.	07.16.	24	271	59	114		
Piscis Austrinidák	PAU	07.09–08.17.	07.28.	35	341	–30	125	1.00	0.20
Déli Delta Aquaridák	SDA	07.08–08.19.	07.29.	41	333	–17	126	0.80	0.18
Alfa Capricornidák	CAP	07.03–08.25.	07.30.	23	307	–10	127	0.90	0.30
Déli Iota Aquaridák	SIA	07.15–08.25.	08.05.	34	333	–15	133	1.07	0.18

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v radiáns				vándorlása	
				$\frac{\text{km}}{\text{s}}$	RA °	D °	SL °	ΔRA °/d	ΔD °/d
Cassiopeidák	CAS	08.01–31.		31	18	59	137		
Északi Delta Aquaridák	NDA	07.14–08.25.	08.12.	42	339	–5	139	1.00	0.20
Perscidák	PER	07.21–08.24.	08.12.	59	46	57	139	1.35	0.12
Kappa Cygnidák	KCG	08.03–08.31.	08.18.	25	286	59	145		
Északi Iota Aquaridák	NIA	08.11–09.20.	08.20.	31	327	–6	147	1.03	0.13
Pi Eridanidák	ERI	08.20–09.05.	08.28.	59	52	–15	155	0.80	0.20
Déli Éta Cetidák	SEC	08.22–09.08.	08.31.		15	–20	158		
Aurigidák	AUR	08.24–09.05.	09.01.	66	85	42	159	1.10	0.00
Északi Éta Cetidák	NEC	08.14–09.15.	09.02.		20	–12	159		
Epszilon Eridanidák	EEER	09.09–12.	09.10.		57	–12	167		
Kappa Aquaridák	KAQ	09.08–30.	09.21.	16	339	–2	178	1.00	0.20
Déli Piscidák	SPI	08.15–10.14.	09.24.	26	8	0	181	0.90	0.20
Októberi Capricornidák	OCC	09.20–10.14.	10.03.	15	303	–10	190	0.80	0.20
Andromedidák	AND	09.25–11.12.	10.03.	18	20	34	190	0.38	0.66
Szigma Orionidák	SOR	09.10–10.26.	10.05.	65	86	–3	192	1.20	0.00
Giacobinidák	GIA	10.06–10.	10.09.	20	262	54	196		
Északi Piscidák	NPI	09.25–10.19.	10.12.	29	26	14	199		
Epszilon Geminidák	EGE	10.14–27.	10.19.	69	104	27	206	1.00	0.00
Orionidák	ORI	10.02–11.07.	10.21.	66	95	16	208	1.23	0.13
Leo Minoridák	LMI	10.22–24.	10.24.	62	162	37	211		
Déli Tauridák	STA	09.15–11.26.	11.03.	27	51	14	221	0.79	0.15
Pegasidák	PEG	10.29–11.12.	11.12.	11	335	21	230		
Északi Tauridák	NTA	09.13–12.01.	11.13.	29	58	22	231	0.76	0.10
Leonidák	LEO	11.14–21.	11.17.	71	152	22	235	0.70	–0.42
Delta Eridanidák	DER	11.06–29.	11.18.		58	–9	236		
Alfa Monocerotidák	AMO	11.06–29.	11.20.	60	117	–6	238	1.10	–0.10
Északi Khi Orionidák	ORN	11.16–12.15.	12.02.	28	82	23	250	1.20	0.00
Delta Arietidák	ARI	12.08–14.	12.09.	13	52	22	257		
Monocerotidák	MON	11.27–12.17.	12.10.	42	100	14	258	1.20	0.00
Szigma Hydridák	HYD	12.03–15.	12.11.	58	127	2	259	0.70	–0.20
Déli Khi Orionidák	ORS	12.07–14.	12.11.	26	85	16	259		
Geminidák	GEM	12.04–18.	12.14.	34	112	33	262	1.02	–0.07
Coma Berenicidák	COM	12.12–01.23.	12.17.	65	175	25	265	0.88	–0.45
Ursidák	URS	12.17–26.	12.22.	33	217	75	270		
Omega Canis Maioridák	OCM	12.17–01.04.	12.27.		108	–25	275		

A táblázatban megtalálható a raj hivatalos neve, nemzetközi betűkódja, az aktivitás időszaka, amikor célzottan érdemes megfigyelni, és a legnagyobb gyakoriság időpontja. A fizikai adatok: v a rajtagok átlagos mozgási sebessége a Földhöz képest, RA és D a radiáns egyenlítői koordinátái, SL a Nap geocentrikus ekliptikai hosszúsága a gyakorisági maximum idején, ΔRA és ΔD a radiáns vándorlásának sebessége fok/nap egységben.

Fogyatkozások, fedések

(Minden időadat UT-ben)

Napfogyatkozások:

4.19. 11^h 30^m – 15^h 39^m

Részleges napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja az Antarktiszon, az Atlanti-óceán déli részén, Dél-Afrikán és Madagaszkáron halad át. A fogyatkozás nagysága 0.737.

10.14. 0^h 55^m – 5^h 04^m

Részleges napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja Északkelet-Ázsián, Japánon, a Csendes-óceánon, a Hawaii-szigeteken és Alaszkán halad át. A fogyatkozás nagysága 0.929.

Holdfogyatkozások:

5.04. 17^h 51^m – 23^h 10^m

Teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható. A Hold Magyarországról nézve a fogyatkozás kezdetén kel. Belépés a félárnyékba 17^h 51^m, belépés a teljes árnyékba 18^h 48^m, a teljes fogyatkozás kezdete 19^h 52^m, a fogyatkozás közepe 20^h 30^m, a teljes fogyatkozás vége 21^h 08^m, kilépés a teljes árnyékból 22^h 12^m, kilépés a félárnyékból 23^h 10^m. A fogyatkozás nagysága 1.309.

10.28. 0^h 06^m – 6^h 03^m

Teljes holdfogyatkozás, hazánkból is látható. A Hold Magyarországról nézve nem sokkal a fogyatkozás vége előtt nyugszik. Belépés a félárnyékba 0^h 06^m, belépés a teljes árnyékba 1^h 14^m, a teljes fogyatkozás kezdete 2^h 23^m, a fogyatkozás közepe 3^h 04^m, a teljes fogyatkozás vége 3^h 45^m, kilépés a teljes árnyékból 4^h 54^m, kilépés a félárnyékból 6^h 03^m. A fogyatkozás nagysága 1.313.

Vénusz-átvonulás:

6.08. 5^h 14^m – 11^h 26^m

A Vénusz az alsó együttállás során a Földről nézve átvonul a Nap korongja előtt. Az eseményről vázlatos rajz található a 78. oldalon. A jelenség hazánkból is látható, az adatok Magyarország közepes koordinátáira:

belépés, külső érintés	5 ^h 19 ^m 8	P = 118°	h = 23°
belépés, belső érintés	5 ^h 39 ^m 4		
legkisebb szögtávolság	8 ^h 22 ^m 2	d = 10' 39''	h = 53°
kilépés, belső érintés	11 ^h 03 ^m 7		
kilépés, külső érintés	11 ^h 23 ^m 0	P = 216°	h = 64°

A Vénusz átmérője 57''.8, a Nap átmérője 1890''.8 = 31'.51.

A Hold bolygófedései

5.21. 12^h Vénusz-fedés, a bolygó fényessége -4.4^m . A jelenség nappalra esik, ezért megfigyelése igen nehéz. A fedés adatai Magyarország közepes koordinátáira:

belépés	11 ^h 26 ^m 1	P = 82°	h = 66°,
kilépés	12 ^h 50 ^m 9	P = 258°	h = 69°.

Az év folyamán ezen kívül számos bolygófedés következik be, a többi azonban Magyarországról nem figyelhető meg.

2.26.	02 ^h	Mars-fedés	11.09.	16 ^h	Jupiter-fedés
3.26.	00 ^h	Mars-fedés	11.10.	02 ^h	Vénusz-fedés
5.12.	22 ^h	Vesta-fedés	11.11.	04 ^h	Mars-fedés
6.09.	23 ^h	Vesta-fedés	11.14.	03 ^h	Merkúr-fedés
			12.07.	11 ^h	Jupiter-fedés

A Hold csillagfedései

Az előrejelzések 10 cm-es távcsőátmérőre készültek.

- UT = a jelenség előrejelzett időpontja UT-ben,
 ZC = a csillag Zodiactal Catalog szerinti száma,
 név = ha csak szám áll, az a csillag SAO katalógusszáma,
 m = a csillag fényessége,
 J = jelenség: be = belépés, ki = kilépés,
 az é. jelölés lehetséges érintő fedésre utal,
 a fázis – jel esetén csökkenő, + jel esetén növekvő,
 h = a Hold látóhatár feletti magassága,
 C = a jelenség pozíciószöge a Hold terminátorának északi (E),
 illetve déli (D) csúcsától, negatív értéknél a világos,
 pozitívánál a sötét oldalon,
 P = a jelenség pozíciószöge,
 A = hosszúsági együttható,
 B = szélességi együttható.

E két szám segítségével a (λ, φ) földrajzi koordinátájú megfigyelőhelyen a táblázatban előrejelzett t_0 időpont helyett az alábbi t időpontban várható a jelenség:

$$t = t_0 + (\lambda - 19^{\circ}0)A + (\varphi - 47^{\circ}5)B$$

Az 5.04-én, a teljes holdfogyatkozás alatt bekövetkező fedésnél a fázis helyett a teljes árnyékon kívüli terület aránya szerepel. Ekkor a C oszlop adata mellett az U (*umbrában bekövetkező*) jelzés áll, a számérték pedig a jelenségnek az árnyék középpontjától mért távolságát adja meg a teljes árnyék sugarának százalékában.

A Hold csillagfedései

dátum	UT h m s	ZC	név	<i>m</i>	J	fázis	<i>h</i> °	<i>C</i> "	<i>P</i> "	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°
1.03.	21 36 12	0586	76347	6.8	be	0.87+	56	64É	53	+1.6	+0.7
04.	18 54 09	0714	95 Tau	6.2	be	0.93+	59	28É	23	+0.5	+3.5
05.	02 38 57	0740	76848	6.3	be	0.94+	19	45É	42	+0.6	-0.1
05.	19 00 40	0842	77310	6.5	be	0.97+	55	67É	71	+1.2	+1.7
05.	21 09 07	0852	125 Tau	5.2	be	0.97+	68	63D	122	+2.2	-1.7
08.	20 34 12	1251	λ Cnc	5.9	ki	0.98-	44	76D	253	+0.9	+2.1
10.	03 52 32	1393	80809	6.5	ki	0.94-	44	76D	266	+1.3	-1.2
10.	21 07 38	1484	η Leo	3.5	be	0.89-	28	-42É	57	+0.5	+3.4
10.	21 48 56	1484	η Leo	3.5	ki	0.89-	35	31É	343	+1.0	-2.1
13.	00 53 56	1709	119061	6.5	ki	0.72-	39	69É	312	+1.1	-0.5
14.	02 50 39	1821	γ Vir	2.8	be	0.61-	39	-28É	51	+5.3	+5.9
14.	03 07 37	1821	γ Vir	2.8	ki	0.61-	40	-2É	24	-2.9	-6.9
16.	01 41 59	2053	λ Vir	4.5	ki	0.40-	12	80É	299	+0.5	+0.5
17.	04 48 08	2189	159175	7.1	ki	0.28-	20	78É	296	+1.2	+0.2
18.	05 14 36	2347	o Sco	4.5	ki	0.18-	13	62D	249	+1.8	+1.5
28.	18 32 00	0301	92768	6.5	be	0.45+	44	26É	6	+0.6	+3.1
29.	17 20 29	0413	93113	6.7	be	0.54+	58	88É	71	+1.8	+0.6
31.	21 20 21	0676	76635	7.2	be	0.73+	49	67É	59	+1.4	0.0
2.03.	21 22 17	1089	79142	6.7	be	0.94+	68	89D	105	+1.8	-0.8
04.	18 26 00	1211	ω ² Cnc	6.3	be	0.97+	44	49É	73	+0.9	+2.0
09.	01 28 03	1684	118946	6.8	ki	0.92-	48	69D	268	+2.1	-0.1
10.	22 32 01	1891	θ Vir	4.4	ki	0.77-	15	70D	272	+0.8	+1.5
24.	18 09 50	0257	o Psc	4.3	be	0.19+	27	64É	45	+0.7	+0.2
24.	19 13 27	0257	o Psc	4.3	ki	0.20+	17	-78É	262	+0.4	-1.3
27.	16 04 43	0599	37 Tau	4.4	be	0.46+	64	72D	97	+2.2	-0.2
27.	16 58 24	0601	39 Tau	5.9	be	0.46+	63	16D	153	+9.9	+9.9
27.	17 06 55	0601	39 Tau	5.9	ki	0.46+	63	4D	165	+9.9	+9.9
27.	17 20 14	0599	37 Tau	4.4	ki	0.46+	62	-50D	218	+1.5	+1.9
28.	17 47 45	0743	98 Tau	5.8	be	0.56+	66	81D	93	+2.0	-0.5
3.02.	20 02 48	1169	76 Gem	5.3	be	0.82+	68	85É	99	+1.8	-0.5
05.	19 03 54	1514	42 Leo	6.2	be	0.98+	40	79É	118	+1.1	+0.2
07.	18 57 10	1733	7 Vir	5.4	ki	0.99-	15	37É	331	+0.3	-0.6
08.	01 33 13	1749	10 Vir	6.0	ki	0.98-	39	52É	321	+0.9	-1.8
08.	21 19 25	1849	38 Vir	6.1	ki	0.95-	24	88D	287	+0.9	+0.7
14.	03 05 00	2554	3 Sgr	4.5	ki	0.47-	10	66É	295	+1.1	+0.5
23.	18 16 10	0330	92847	8.2	be	0.08+	15	22D	140	-0.3	-6.5
27.	21 56 06	0849	77350	6.5	be	0.39+	20	38É	35	+0.9	+0.3
28.	20 02 14	0994	78417	6.6	be	0.48+	47	51D	132	+0.5	-2.8
29.	17 37 39	1108	79286	7.0	be	0.57+	69	51É	59	+2.1	+1.7
30.	22 11 21	1251	λ Cnc	5.9	be	0.68+	41	45D	150	0.0	-2.7

dátum	UT h m s	ZC	név	m	J	fázis	h °	C °	P °	A m/°	B m/°
4.02.	19 27 56	1578	99321	6.8	be	0.91+	50	31D	177	+0.3	-3.3
25.	22 55 23	1089	79142	6.7	be	0.33+	7	66D	119	-0.6	-1.5
26.	21 39 00	1211	ω^2 Cnc	6.3	be	0.42+	26	86É	97	+0.2	-1.6
5.01.	19 39 20	1749	10 Vir	6.0	be	0.88+	44	65D	142	+1.0	-1.2
04.	19 28 33	2111	158813	6.9	be	0.36	12	77U	143	+0.3	-0.1
04.	20 28 22	2111	158813	6.9	ki	0.0	19	63U	281	+1.2	+0.7
04.	21 09 08	2119	158855	6.5	be	0.0	21	100U	142	+0.7	-0.4
04.	21 10 33	2121	158862	8.6	be	0.0	22	82U	76	+2.0	+1.2
04.	21 58 47	2121	158862	8.6	ki	0.83	24	92U	348	+0.3	-1.3
08.	00 18 43	2617	186328	4.5	ki	0.86-	12	88D	272	+1.5	+0.6
21.	11 26 06		Vénusz	-4.4	be	0.05+	66	89D	82	+1.7	+0.9
21.	12 50 56		Vénusz	-4.4	ki	0.05+	69	-87D	258	+1.8	+0.3
23.	20 29 14	1169	76 Gem	5.3	be	0.18+	17	61É	67	+0.2	-1.0
25.	19 49 52	1393	80809	6.5	be	0.35+	35	43D	154	-0.1	-2.5
26.	14 51 01	1484	η Leo	3.5	be	0.43+	53	38É	58	+2.4	+3.7
26.	15 30 30	1484	η Leo	3.5	ki	0.43+	57	-20É	0	+0.3	-4.5
6.02.	23 06 16	2371	22 Sco	4.8	be	1.00+	17	81É	42	+2.3	+0.8
09.	00 55 17	3349	τ^2 Aqr	4.0	ki	0.58-	14	51D	210	+0.8	+2.0
20.	19 14 44	1251	λ Cnc	5.9	be	0.08+	16	83É	89	0.0	-1.4
7.01.	19 55 57	2617	186328	4.5	be	0.99+	8	39D	111	+1.0	+0.6
06.	23 37 15	3428	ψ^3 Aqr	5.0	ki	0.73-	17	66É	273	+1.1	+1.4
08.	01 26 05	0020	128628	6.7	ki	0.63-	30	13D	170	-0.4	+3.0
10.	02 48 14	0257	σ Psc	4.3	be	0.42-	41	-76É	55	+1.0	+1.9
10.	04 04 18	0257	σ Psc	4.3	ki	0.42-	49	73D	231	+1.2	+1.7
13.	01 25 23	0599	37 Tau	4.4	be	0.16-	16	-69D	101	+0.1	+1.3
13.	02 14 33	0599	37 Tau	4.4	ki	0.16-	24	43D	213	-0.3	+2.3
15.	01 18 56	0869	77494	7.4	ki	0.05-	4	67D	252	-0.6	+1.3
8.01.	23 26 47	3227	164827	6.3	ki	0.98-	24	85D	263	+1.7	+0.4
08.	23 24 10	0534	76121	6.1	ki	0.39-	16	65D	233	-0.2	+1.8
9.02.	01 24 04	0155	77 Psc	6.3	ki	0.90-	47	88É	252	+1.7	+0.4
02.	19 40 22	0257	σ Psc	4.3	ki	0.84-	7	21D	181	-0.4	+2.5
06.	03 17 09	0652	62 Tau	6.3	ki	0.55-	65	72É	279	+2.1	+0.1
09.	01 34 12	1067	78968	7.1	ki	0.27-	30	79É	289	+0.6	+1.0
22.	18 59 17	2788	187701	6.0	be	0.63+	12	43D	129	+2.1	-1.3
28.	01 04 40	3526	27 Psc	4.9	be	1.00+	27	49É	0	-0.1	+2.3
10.01.	23 29 34	0457	54 Ari	6.2	ki	0.88-	55	81É	263	+1.6	+1.1
02.	22 12 31	0582	32 Tau	5.6	ki	0.81-	40	89É	258	+0.7	+1.7
05.	04 53 27	0890	136 Tau	4.6	ki	0.62-	65	65É	293	+1.7	-1.7
06.	03 39 23	1035	78710	6.7	ki	0.52-	68	77É	288	+1.9	-0.4
08.	01 49 26	1270	28 Cnc	6.0	ki	0.34-	35	86É	290	+0.8	+0.8
08.	03 26 39	1274	ν^1 Cnc	5.7	ki	0.34-	50	72É	304	+1.5	-0.2

dátum	UT h m s	ZC	név	<i>m</i>	J	fázis	<i>h</i> °	<i>C</i> °	<i>P</i> °	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°
10.08.	04 11 50	1279	v^2 Cnc	6.3	ki	0.33—	57	49É	327	+1.6	−2.0
21.	17 08 10	3052	189801	6.4	be	0.59+	19	61É	44	+1.3	+0.8
24.	19 06 58	3478	146795	6.4	be	0.88+	34	36D	115	+3.0	−0.4
25.	22 02 47	0055	10 Cet	6.4	be	0.95+	40	53É	24	+0.7	+1.4
28.	03 52 03	0319	92812	7.7	be	0.0	15	59É	28	+0.5	+0.7
28.	04 37 27	0319	92812	7.7	ki	0.8	8	−10É	289	−0.2	−2.2
29.	03 45 30	0433	ϱ^3 Ari	5.6	ki	0.99—	27	55É	283	+0.5	−2.1
31.	04 10 13	0703	76689	6.2	ki	0.91—	44	89D	257	+1.1	−0.9
11.01.	03 45 19	0833	77237	7.1	ki	0.85—	57	56D	230	+1.8	+0.9
02.	22 07 12	1088	47 Gem	5.8	ki	0.71—	29	31D	216	−0.5	+3.3
02.	22 58 25	1093	79170	6.6	ki	0.71—	38	58É	307	+1.2	+0.2
03.	02 57 17	1108	79286	7.0	ki	0.70—	69	35D	220	+2.3	+4.0
03.	20 58 25	1206	ω^1 Cnc	5.9	ki	0.62—	10	81É	289	−0.1	+0.9
18.	17 03 06	3160	190463	6.7	be	0.44+	22	21É	3	0.0	+1.7
20.	16 12 09	3428	ψ^3 Aqr	5.0	be	0.65+	28	33D	122	+2.9	0.0
20.	16 23 19	3425	ψ^2 Aqr	4.4	be	0.65+	29	2É	338	−2.1	+4.4
24.	00 55 36	0272	92659	5.9	be	0.92+	23	40É	19	+0.6	+1.4
28.	02 17 40	0780	77028	6.8	ki	0.99—	51	89É	252	+1.4	−0.6
28.	21 56 26	0906	77819	6.6	ki	0.96—	57	42D	212	+0.6	+3.7
28.	22 48 59	0909	77837	6.0	ki	0.96—	64	72É	279	+1.8	+0.3
30.	02 26 54	1067	78968	7.1	ki	0.91—	64	60D	240	+2.2	+0.9
30.	20 16 44	1169	76 Gem	5.3	ki	0.86—	23	27D	212	−0.8	+3.7
12.07.	01 13 12	1808	138876	7.0	ki	0.29—	8	84D	288	+0.3	+0.9
17.	17 06 46	3392	165489	7.3	be	0.39+	31	62É	41	+1.0	+0.7
18.	19 39 56	3526	27 Psc	4.9	be	0.51+	27	77É	54	+0.9	0.0
18.	21 38 05	3535	29 Psc	5.1	be	0.51+	11	77É	54	+0.3	−0.3
20.	16 58 37	0214	109907	6.2	be	0.70+	47	75É	53	+1.2	+1.6
22.	15 29 57	0442	93229	6.7	be	0.86+	32	67É	52	+0.3	+2.1
22.	20 53 30	0457	54 Ari	6.2	be	0.87+	58	41D	125	+2.8	−3.8
22.	22 09 28	0460	93304	6.9	be	0.88+	50	30É	16	+1.1	+2.8
23.	16 18 00	0573	76275	6.7	be	0.92+	35	78D	92	+0.8	+1.5
23.	20 05 01	0582	32 Tau	5.6	é.	0.93+	64	16D	156	+0.3	+2.5
23.	22 38 48	0594	76388	6.9	be	0.93+	55	56É	49	+1.5	+0.8
25.	16 51 18	0844	77322	5.8	be	0.99+	27	56É	74	+0.1	+1.7
28.	05 24 31	1169	76 Gem	5.3	ki	0.98—	24	57É	299	−0.1	−1.9
30.	05 09 36	1393	80809	6.5	ki	0.89—	38	17É	356	−0.6	−3.3
31.	00 49 30	1479	98944	6.4	é.	0.83—	54	13D	210	−0.6	−3.3

$m < 4^m$

Csillagkatalógus J2004.5-re

 $\delta > -30^\circ$

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α And	0 08 37.3	+3.11	+29 06 55	+19.9	1.039	-16.33	-12.0	0.024	2.06
β Cas	0 09 25.2	+3.24	+59 10 28	+19.8	6.827	-18.09	11.0	0.072	2.27
γ Peg	0 13 28.1	+3.10	+15 12 31	+20.0	0.019	-1.20	4.0	0.000	2.83
ι Cet	0 19 39.4	+3.06	-8 47 56	+19.9	-0.093	-3.61	19.0	0.010	3.56
ζ Cas	0 37 13.5	+3.37	+53 55 18	+19.8	0.219	-0.91	2.0	0.004	3.66
δ And	0 39 34.2	+3.22	+30 53 08	+19.7	1.060	-9.15	-7.0	0.024	3.27
α Cas	0 40 45.9	+3.44	+56 33 43	+19.7	0.636	-3.19	-4.0	0.016	2.23
β Cet	0 43 48.9	+3.01	-17 57 43	+19.7	1.637	3.25	13.0	0.057	2.04
γ Cas	0 56 59.0	+3.67	+60 44 28	+19.4	0.355	-0.53	-7.0	0.034	2.47
μ And	0 57 00.3	+3.35	+38 31 25	+19.5	1.297	3.27	8.0	0.032	3.87
η Cet	1 08 49.0	+3.02	-10 09 31	+19.0	1.474	-13.83	12.0	0.032	3.45
β And	1 09 59.1	+3.38	+35 38 39	+19.0	1.457	-11.35	3.0	0.043	2.06
ϑ Cet	1 24 14.9	+3.00	-8 09 37	+18.5	-0.532	-21.85	17.0	0.034	3.60
δ Cas	1 26 06.8	+3.97	+60 15 31	+18.6	3.993	-5.11	7.0	0.029	2.68
η Psc	1 31 43.5	+3.22	+15 22 08	+18.5	0.193	-0.55	15.0	0.015	3.62
51 And	1 38 16.3	+3.71	+48 39 03	+18.1	0.652	-11.33	16.0	0.021	3.57
τ Cet	1 44 16.6	+2.79	-15 54 50	+18.9	-11.911	85.64	-16.2	0.275	3.50
ζ Cet	1 51 41.0	+2.96	-10 18 47	+17.7	0.276	-3.90	9.0	0.038	3.73
α Tri	1 53 20.4	+3.44	+29 36 02	+17.4	0.087	-23.51	-13.0	0.050	3.41
ε Cas	1 54 43.4	+4.38	+63 41 31	+17.6	0.476	-2.08	-8.0	0.010	3.38
β Ari	1 54 53.4	+3.33	+20 49 47	+17.5	0.684	-11.11	-2.0	0.063	2.64
γ^1 And	2 04 10.6	+3.71	+42 21 04	+17.1	0.404	-5.17	-12.0	0.013	2.26
α Ari	2 07 25.7	+3.40	+23 29 01	+16.9	1.383	-14.83	-14.0	0.043	2.00
β Tri	2 09 48.8	+3.59	+35 00 30	+16.9	1.218	-4.03	10.0	0.012	3.00
α UMi	2 36 59.3	+70.88	+89 17 01	+15.5	19.877	-1.52	-17.0	0.007	2.02
41 Ari	2 50 15.0	+3.55	+27 16 44	+14.6	0.500	-11.75	4.0	0.031	3.63
η Per	2 51 01.7	+4.42	+55 54 50	+14.7	0.203	-1.42	-1.0	0.006	3.76
τ Per	2 54 34.8	+4.29	+52 46 50	+14.5	-0.004	-0.54	2.0	0.012	3.95
η Eri	2 56 38.9	+2.93	-8 52 50	+14.2	0.536	-21.95	-20.0	0.027	3.89
α Cet	3 02 30.9	+3.14	+4 06 26	+13.9	-0.063	-7.80	-26.0	0.009	2.53
γ Per	3 05 07.5	+4.38	+53 31 26	+13.8	-0.001	-0.47	3.0	0.011	2.93
ρ Per	3 05 28.0	+3.87	+38 51 27	+13.7	1.110	-10.56	28.0	0.011	3.39
β Per	3 08 27.8	+3.93	+40 58 22	+13.6	0.031	-0.09	4.0	0.031	2.12
α Per	3 24 38.8	+4.31	+49 52 37	+12.5	0.246	-2.46	-2.0	0.029	1.80
σ Tau	3 25 03.4	+3.24	+9 02 40	+12.5	-0.445	-7.80	-21.0	0.011	3.60
ξ Tau	3 27 24.8	+3.26	+9 44 53	+12.3	0.405	-3.89	-2.0	0.000	3.74
ε Eri	3 33 08.6	+2.83	-9 26 36	+12.0	-6.580	2.10	15.4	0.303	3.73
δ Per	3 43 14.8	+4.30	+47 48 06	+11.2	0.280	-3.42	4.0	0.016	3.01
δ Eri	3 43 27.9	+2.88	-9 44 54	+12.0	-0.622	74.48	-6.0	0.109	3.54
17 Tau	3 45 08.6	+3.57	+24 07 38	+11.1	0.142	-4.61	12.0	0.019	3.70
ν Per	3 45 30.1	+4.10	+42 35 33	+11.1	-0.130	-0.16	-13.0	0.014	3.77
η Tau	3 47 45.2	+3.58	+24 07 07	+10.9	0.136	-4.60	10.0	0.008	2.87
27 Tau	3 49 25.8	+3.58	+24 04 01	+10.8	0.130	-4.67	9.0	0.000	3.63
ζ Per	3 54 25.0	+3.79	+31 53 48	+10.4	0.045	-1.02	20.0	0.010	2.85

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D " "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ε Per	3 58 09.4	+4.04	+40 01 22	+10.1	0.156	-2.58	1.0	0.009	2.89
γ Eri	3 58 14.4	+2.80	-13 29 45	+10.0	0.420	-11.14	62.0	0.010	2.95
λ Tau	4 00 55.8	+3.33	+12 30 10	+9.9	-0.043	-1.24	18.0	0.002	3.47
ν Tau	4 03 23.8	+3.20	+6 00 05	+9.8	0.035	-0.32	-6.0	0.022	3.91
γ Tau	4 20 03.0	+3.42	+15 38 17	+8.4	0.799	-2.50	39.0	0.028	3.63
δ^1 Tau	4 23 11.7	+3.47	+17 33 10	+8.2	0.747	-2.96	39.0	0.016	3.76
ε Tau	4 28 52.8	+3.51	+19 11 24	+7.7	0.756	-3.77	39.0	0.018	3.54
α Tau	4 36 10.8	+3.45	+16 31 05	+7.0	0.439	-18.97	54.0	0.048	0.85
ν Eri	4 36 32.6	+3.00	-3 20 37	+7.1	0.013	-0.52	15.0	0.000	3.93
53 Eri	4 38 23.2	+2.75	-14 17 43	+6.8	-0.519	-15.56	42.0	0.036	3.87
π^3 Ori	4 50 05.1	+3.26	+6 58 08	+6.0	3.130	1.15	24.0	0.125	3.19
π^4 Ori	4 51 26.8	+3.20	+5 36 45	+5.9	-0.009	0.06	23.0	0.001	3.69
π^5 Ori	4 54 29.2	+3.13	+2 26 52	+5.7	0.002	-0.03	23.0	0.003	3.72
ι Aur	4 57 17.2	+3.92	+33 10 22	+5.4	0.027	-1.79	18.0	0.015	2.69
ε Aur	5 02 17.6	+4.32	+43 49 46	+5.0	-0.006	-0.38	-3.0	0.007	2.99
ζ Aur	5 02 47.6	+4.20	+41 04 55	+4.9	0.076	-2.20	13.0	0.005	3.75
ε Lep	5 05 39.1	+2.54	-22 21 55	+4.6	0.180	-7.38	1.0	0.011	3.19
η Aur	5 06 49.9	+4.22	+41 14 25	+4.5	0.259	-6.78	7.0	0.013	3.17
β Eri	5 08 04.3	+2.95	-5 04 51	+4.4	-0.633	-8.08	-9.0	0.042	2.79
μ Lep	5 13 08.0	+2.70	-16 12 02	+4.0	0.296	-2.59	28.0	0.018	3.31
β Ori	5 14 45.3	+2.89	-8 11 48	+3.9	0.003	-0.13	21.0	0.013	0.12
α Aur	5 17 01.3	+4.44	+46 00 08	+3.3	0.728	-42.47	30.0	0.073	0.08
τ Ori	5 17 49.5	+2.92	-6 50 23	+3.7	-0.101	-0.82	20.0	0.006	3.60
γ Ori	5 25 22.4	+3.22	+6 21 12	+3.0	-0.059	-1.39	18.0	0.026	1.64
β Tau	5 26 34.6	+3.80	+28 36 39	+2.7	0.169	-17.51	9.0	0.018	1.65
β Lep	5 28 26.3	+2.57	-20 45 22	+2.7	-0.031	-8.86	-14.0	0.014	2.84
δ Ori	5 32 14.2	+3.07	-0 17 46	+2.4	0.010	-0.22	16.0	0.014	2.23
α Lep	5 32 55.7	+2.65	-17 49 10	+2.4	0.007	0.19	24.0	0.007	2.58
ι Ori	5 35 39.2	+2.94	-5 54 26	+2.1	0.000	0.11	22.0	0.021	2.76
ε Ori	5 36 26.5	+3.05	-1 11 58	+2.1	0.006	-0.24	26.0	0.000	1.70
ζ Tau	5 37 54.8	+3.59	+21 08 42	+1.9	0.002	-2.10	20.0	0.008	3.00
γ Lep	5 44 39.0	+2.50	-22 26 50	+1.0	-2.114	-36.98	-10.0	0.122	3.60
ζ Lep	5 47 09.6	+2.72	-14 49 14	+1.1	-0.109	-0.06	20.0	0.042	3.55
κ Ori	5 47 58.2	+2.85	-9 40 06	+1.0	0.013	-0.24	21.0	0.015	2.06
δ Lep	5 51 30.9	+2.58	-20 52 44	+0.1	1.623	-64.89	99.3	0.022	3.81
α Ori	5 55 24.9	+3.25	+7 24 27	+0.4	0.173	0.87	21.0	0.005	0.50
η Lep	5 56 36.6	+2.73	-14 10 02	+0.4	-0.286	13.93	-2.0	0.061	3.71
β Aur	5 59 51.5	+4.40	+44 56 51	+0.0	-0.541	0.03	-18.0	0.037	1.90
δ Aur	5 59 53.9	+4.94	+54 17 04	-0.1	0.926	-12.54	8.0	0.020	3.72
β CMA	6 22 53.9	+2.64	-17 57 30	-2.0	-0.044	0.03	34.0	0.014	1.98
μ Gem	6 23 14.0	+3.63	+22 30 39	-2.1	0.391	-11.10	55.0	0.021	2.88
γ Gem	6 37 58.3	+3.47	+16 23 42	-3.3	0.293	-4.16	-13.0	0.031	1.93
ε Gem	6 44 12.5	+3.69	+25 07 35	-3.9	-0.041	-1.34	10.0	0.017	2.98
α CMA	6 45 20.8	+2.64	-16 43 21	-5.1	-3.847	-120.53	-7.6	0.375	-1.46
ξ Gem	6 45 32.5	+3.37	+12 53 25	-4.1	-0.791	-19.14	25.0	0.051	3.36

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ϑ Gem	6 53 05.1	+3.95	+33 57 20	-4.6	-0.017	-4.81	21.0	0.021	3.60
ε CMa	6 58 48.2	+2.36	-28 58 42	-5.1	0.031	0.28	27.0	0.000	1.50
σ CMa	7 01 53.9	+2.39	-27 56 29	-5.3	-0.038	0.49	22.0	0.017	3.46
σ^2 CMa	7 03 12.7	+2.51	-23 50 24	-5.5	-0.031	0.32	48.0	0.000	3.03
ζ Gem	7 04 22.5	+3.56	+20 33 48	-5.6	-0.065	-0.05	7.0	0.000	3.79
δ CMa	7 08 34.5	+2.44	-26 24 02	-5.9	-0.024	0.44	34.0	0.000	1.86
λ Gem	7 18 21.1	+3.45	+16 31 55	-6.8	-0.331	-3.66	-9.0	0.041	3.58
δ Gem	7 20 23.5	+3.58	+21 58 25	-6.9	-0.188	-1.23	4.0	0.059	3.53
η CMa	7 24 16.4	+2.37	-29 18 44	-7.2	-0.031	0.53	41.0	0.000	2.44
ι Gem	7 26 00.3	+3.72	+27 47 20	-7.4	-0.926	-8.61	8.0	0.031	3.79
β CMi	7 27 23.7	+3.25	+8 16 48	-7.5	-0.350	-3.83	22.0	0.020	2.90
α Gem	7 34 53.2	+3.82	+31 52 42	-8.2	-1.347	-9.87	-1.0	0.072	1.58
α CMi	7 39 32.2	+3.14	+5 12 48	-9.5	-4.755	-102.29	-3.0	0.288	0.38
α Mon	7 41 27.7	+2.87	-9 33 43	-8.6	-0.493	-1.92	11.0	0.019	3.93
κ Gem	7 44 43.1	+3.62	+24 23 13	-8.9	-0.244	-5.23	21.0	0.025	3.57
β Gem	7 45 35.4	+3.66	+28 00 54	-9.0	-4.740	-4.59	3.0	0.093	1.14
ξ Pup	7 49 29.0	+2.52	-24 52 17	-9.2	-0.022	-0.18	3.0	0.003	3.34
ρ Pup	8 07 44.1	+2.56	-24 19 03	-10.6	-0.606	4.92	46.0	0.031	2.81
β Cnc	8 16 45.6	+3.25	+9 10 17	-11.3	-0.298	-4.89	22.0	0.014	3.52
(Hya)	8 25 53.1	+3.00	-3 55 17	-11.9	-0.444	-2.29	10.0	0.019	3.90
σ UMa	8 30 38.1	+4.94	+60 42 10	-12.4	-1.818	-10.73	20.0	0.009	3.36
δ Cnc	8 44 56.4	+3.40	+18 08 15	-13.4	-0.126	-22.81	17.0	0.025	3.94
ζ Hya	8 55 37.9	+3.17	+5 55 41	-13.9	-0.665	1.44	23.0	0.029	3.11
ι UMa	8 59 30.8	+4.08	+48 01 25	-14.4	-4.428	-22.64	9.0	0.066	3.14
κ UMa	9 03 55.9	+4.07	+47 08 18	-14.5	-0.323	-5.41	4.0	0.010	3.60
ϑ Hya	9 14 35.9	+3.12	+2 17 42	-15.4	0.862	-31.00	-10.0	0.019	3.88
α Lyn	9 21 19.7	+3.64	+34 22 24	-15.4	-1.789	1.87	38.0	0.021	3.13
α Hya	9 27 48.5	+2.95	-8 40 42	-15.8	-0.093	3.28	-4.0	0.017	1.98
23 UMa	9 31 52.8	+4.67	+63 02 31	-16.0	1.604	2.77	-10.0	0.034	3.67
ϑ UMa	9 33 09.3	+3.98	+51 39 24	-16.6	-10.253	-53.14	15.0	0.052	3.17
ι Hya	9 40 05.1	+3.06	-1 09 49	-16.5	0.324	-6.43	23.0	0.020	3.91
σ Leo	9 41 23.4	+3.20	+9 52 18	-16.5	-0.961	-3.67	27.0	0.028	3.52
ε Leo	9 46 06.4	+3.40	+23 45 12	-16.7	-0.337	-1.10	4.0	0.010	2.98
ν UMa	9 51 18.4	+4.22	+59 01 02	-17.1	-3.797	-15.12	27.0	0.036	3.80
μ Leo	9 53 01.1	+3.40	+25 59 08	-17.1	-1.602	-5.59	14.0	0.022	3.88
η Leo	10 07 34.6	+3.26	+16 44 26	-17.7	-0.011	-0.04	3.0	0.003	3.52
α Leo	10 08 36.7	+3.19	+11 56 42	-17.7	-1.693	0.64	6.0	0.039	1.35
λ Hya	10 10 48.5	+2.93	-12 22 35	-17.9	-1.379	-8.85	19.0	0.014	3.61
ζ Leo	10 16 56.4	+3.33	+23 23 41	-18.1	0.131	-0.71	-16.0	0.017	3.44
λ UMa	10 17 22.0	+3.60	+42 53 30	-18.1	-1.494	-3.78	18.0	0.030	3.45
μ UMa	10 22 35.7	+3.55	+41 28 36	-18.2	-0.726	3.45	-21.0	0.031	3.05
μ Hya	10 26 18.5	+2.91	-16 51 34	-18.5	-0.890	-7.99	40.0	0.013	3.81
ρ Leo	10 33 02.9	+3.16	+9 17 00	-18.6	-0.044	-0.27	42.0	0.011	3.85
ν Hya	10 49 50.8	+2.96	-16 13 02	-18.9	0.654	20.02	-1.0	0.022	3.11
46 LMi	10 53 33.7	+3.34	+34 11 26	-19.5	0.700	-27.85	16.0	0.017	3.83

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
β UMa	11 02 06.6	+3.59	+56 21 29	-19.4	0.988	3.40	-12.0	0.042	2.37
α UMa	11 04 00.1	+3.66	+61 43 35	-19.5	-1.675	-6.65	-9.0	0.031	1.79
ψ UMa	11 09 54.9	+3.35	+44 28 26	-19.6	-0.604	-2.77	-4.0	0.000	3.01
δ Leo	11 14 20.8	+3.18	+20 29 56	-19.8	1.011	-12.98	-20.0	0.040	2.56
ϑ Leo	11 14 28.5	+3.14	+15 24 18	-19.7	-0.420	-7.86	8.0	0.019	3.34
ν UMa	11 18 43.3	+3.23	+33 04 11	-19.7	-0.205	2.84	-9.0	0.013	3.48
δ Crt	11 19 34.0	+3.00	-14 48 11	-19.5	-0.844	20.75	-5.0	0.019	3.56
λ Dra	11 31 40.0	+3.50	+69 18 22	-19.9	-0.733	-1.71	7.0	0.024	3.84
χ UMa	11 46 17.2	+3.15	+47 45 16	-20.0	-1.361	2.95	-9.0	0.014	3.71
β Leo	11 49 17.3	+3.06	+14 32 49	-20.1	-3.422	-11.41	0.0	0.076	2.14
β Vir	11 50 55.8	+3.13	+1 44 22	-20.3	4.954	-27.11	5.0	0.098	3.61
γ UMa	11 54 03.9	+3.13	+53 40 11	-20.0	1.073	1.17	-13.0	0.020	2.44
ε Crv	12 10 21.4	+3.10	-22 38 41	-20.0	-0.512	1.35	5.0	0.020	3.00
δ UMa	12 15 38.8	+2.95	+57 00 27	-20.0	1.270	0.94	-13.0	0.052	3.31
γ Crv	12 16 02.3	+3.09	-17 34 01	-20.0	-1.124	2.33	-4.0	0.000	2.59
η Vir	12 20 08.2	+3.07	-0 41 30	-20.0	-0.419	-1.81	2.0	0.010	3.89
δ Crv	12 30 05.9	+3.11	-16 32 26	-20.0	-1.460	-13.80	9.0	0.018	2.95
κ Dra	12 33 40.4	+2.53	+69 45 48	-19.8	-1.130	1.19	-11.0	0.010	3.87
β Crv	12 34 37.5	+3.16	-23 25 18	-19.9	0.016	-5.39	-8.0	0.027	2.65
ε UMa	12 54 13.6	+2.63	+55 56 08	-19.5	1.328	-0.58	-9.0	0.009	1.77
δ Vir	12 55 49.8	+3.02	+3 22 23	-19.5	-3.129	-5.39	-18.0	0.017	3.38
α^2 CVn	12 56 14.3	+2.80	+38 17 39	-19.4	-1.987	5.65	-3.0	0.023	2.90
ε Vir	13 02 24.0	+2.99	+10 56 06	-19.3	-1.854	2.00	-14.0	0.036	2.83
γ Hya	13 19 10.0	+3.27	-23 11 43	-18.9	0.467	-4.47	-5.0	0.021	3.00
ζ UMa	13 24 06.4	+2.41	+54 54 07	-18.7	1.411	-2.00	-6.0	0.037	2.27
α Vir	13 25 25.8	+3.17	-11 11 05	-18.7	-0.278	-2.83	1.0	0.021	0.97
ζ Vir	13 34 55.4	+3.06	-0 37 08	-18.3	-1.899	4.21	-13.0	0.035	3.37
η UMa	13 47 43.1	+2.36	+49 17 27	-17.9	-1.249	-1.09	-11.0	0.035	1.86
η Boo	13 54 53.9	+2.86	+18 22 31	-17.9	-0.440	-35.83	0.0	0.102	2.68
α Dra	14 04 30.7	+1.63	+64 21 16	-17.1	-0.842	1.83	-13.0	0.011	3.65
π Hya	14 06 37.7	+3.43	-26 42 14	-17.2	0.328	-13.89	27.0	0.039	3.27
α Boo	14 15 52.0	+2.74	+19 09 33	-18.6	-7.714	-199.84	-5.0	0.090	-0.04
ϱ Boo	14 32 01.4	+2.59	+30 21 07	-15.7	-0.772	11.94	-14.0	0.025	3.58
γ Boo	14 32 15.5	+2.42	+38 17 19	-15.6	-0.966	15.32	-37.0	0.016	3.03
μ Vir	14 43 17.9	+3.17	-5 40 39	-15.5	0.729	-31.60	5.0	0.039	3.88
109 Vir	14 46 28.6	+3.04	+1 52 27	-15.0	-0.758	-2.64	-6.0	0.030	3.72
β UMi	14 50 41.8	-0.12	+74 08 14	-14.7	-0.763	1.22	17.0	0.031	2.08
α^2 Lib	14 51 07.7	+3.33	-16 03 37	-14.8	-0.734	-6.68	-10.0	0.049	2.75
β Boo	15 02 06.9	+2.26	+40 22 23	-14.1	-0.356	-2.78	-20.0	0.022	3.50
σ Lib	15 04 20.1	+3.52	-25 17 58	-13.9	-0.540	-4.30	-4.0	0.056	3.29
δ Boo	15 15 41.1	+2.42	+33 17 54	-13.3	0.689	-11.20	-12.0	0.028	3.49
β Lib	15 17 15.0	+3.24	-9 23 57	-13.1	-0.649	-1.91	-35.0	0.000	2.61
γ UMi	15 20 43.5	-0.05	+71 49 05	-12.8	-0.401	2.02	-4.0	0.003	3.05
ι Dra	15 25 01.8	+1.34	+58 57 01	-12.5	-0.117	1.73	-11.0	0.032	3.29
β CrB	15 28 00.9	+2.48	+29 05 25	-12.3	-1.369	8.63	-19.0	0.031	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
α CrB	15 34 52.7	+2.54	+26 41 59	-11.9	0.906	-8.86	2.0	0.043	2.23
γ Lib	15 35 46.7	+3.36	-14 48 15	-11.8	0.445	0.88	-28.0	0.033	3.91
ν Lib	15 37 17.9	+3.66	-28 08 59	-11.7	-0.069	0.27	-25.0	0.037	3.58
α Ser	15 44 29.4	+2.96	+6 24 42	-11.1	0.917	4.68	3.0	0.046	2.65
β Ser	15 46 23.7	+2.77	+15 24 29	-11.1	0.463	-4.50	-1.0	0.034	3.67
μ Ser	15 49 51.3	+3.14	-3 26 37	-10.8	-0.574	-2.40	-9.0	0.007	3.54
ϵ Ser	15 51 02.4	+3.00	+4 27 52	-10.6	0.858	6.28	-9.0	0.035	3.71
γ Ser	15 56 39.7	+2.78	+15 38 50	-11.6	2.158	-128.14	7.0	0.069	3.85
π Sco	15 59 07.5	+3.64	-26 07 36	-10.1	-0.084	-2.55	-3.0	0.010	2.89
δ Sco	16 00 36.0	+3.56	-22 38 03	-10.0	-0.085	-2.22	-7.0	0.000	2.32
β^1 Sco	16 05 42.0	+3.50	-19 49 03	-9.6	-0.039	-1.91	-1.0	0.009	2.62
δ Oph	16 14 34.9	+3.15	-3 42 20	-9.0	-0.294	-14.30	-20.0	0.029	2.74
ϵ Oph	16 18 33.6	+3.18	-4 42 11	-8.5	0.566	4.10	-10.0	0.036	3.24
τ Her	16 19 52.6	+1.81	+46 18 10	-8.4	-0.109	4.00	-14.0	0.027	3.89
σ Sco	16 21 27.8	+3.66	-25 36 12	-8.4	-0.076	-2.07	3.0	0.000	2.89
γ Her	16 22 07.1	+2.65	+19 08 34	-8.3	-0.330	4.32	-35.0	0.015	3.75
α Sco	16 29 41.0	+3.69	-26 26 30	-7.7	-0.071	-2.03	-3.0	0.019	0.96
β Her	16 30 24.8	+2.58	+21 28 48	-7.7	-0.702	-1.46	-26.0	0.017	2.77
τ Sco	16 36 09.8	+3.74	-28 13 30	-7.2	-0.064	-2.21	2.0	0.020	2.82
ζ Oph	16 37 24.4	+3.31	-10 34 33	-7.0	0.092	2.63	-15.0	0.003	2.56
η Her	16 43 03.0	+2.06	+38 54 50	-6.7	0.318	-8.25	8.0	0.053	3.53
κ Oph	16 57 52.9	+2.84	+9 22 06	-5.4	-1.969	-1.05	-56.0	0.026	3.20
ϵ Her	17 00 27.7	+2.30	+30 55 12	-5.1	-0.362	2.76	-25.0	0.022	3.92
ζ Dra	17 08 48.0	+0.18	+65 42 33	-4.4	-0.324	2.18	-17.0	0.017	3.17
η Oph	17 10 38.2	+3.45	-15 43 49	-4.2	0.260	9.50	-1.0	0.052	2.43
π Her	17 15 12.3	+2.09	+36 48 15	-3.9	-0.215	0.36	-26.0	0.020	3.16
δ Her	17 15 13.0	+2.47	+24 50 03	-4.0	-0.151	-15.69	-40.0	0.034	3.14
ϑ Oph	17 22 17.2	+3.69	-25 00 13	-3.3	-0.026	-1.99	-2.0	0.000	3.27
β Dra	17 30 32.1	+1.36	+52 17 54	-2.6	-0.171	1.48	-20.0	0.013	2.79
α Oph	17 35 08.6	+2.79	+12 33 25	-2.4	0.822	-22.64	13.0	0.056	2.08
ξ Ser	17 37 50.7	+3.44	-15 24 04	-2.0	-0.289	-5.82	-43.0	0.026	3.54
ι Her	17 39 35.5	+1.70	+46 00 15	-1.8	-0.047	0.53	-20.0	0.005	3.80
β Oph	17 43 41.7	+2.97	+4 33 57	-1.3	-0.267	15.95	-12.0	0.023	2.77
μ Her	17 46 38.1	+2.35	+27 43 06	-1.9	-2.339	-75.12	-15.6	0.108	3.42
γ Oph	17 48 07.1	+3.01	+2 42 21	-1.1	-0.146	-7.39	-7.0	0.032	3.75
ξ Dra	17 53 36.4	+1.04	+56 52 19	-0.5	1.144	7.97	-26.0	0.031	3.75
ϑ Her	17 56 24.5	+2.06	+37 15 00	-0.3	0.036	0.64	-27.0	0.002	3.86
γ Dra	17 56 42.6	+1.40	+51 29 19	-0.3	-0.081	-1.94	-28.0	0.017	2.23
ξ Her	17 57 56.4	+2.33	+29 14 52	-0.2	0.642	-1.69	-2.0	0.018	3.70
ν Oph	17 59 16.5	+3.30	-9 46 26	-0.2	-0.044	-11.58	13.0	0.015	3.34
72 Oph	18 07 33.8	+2.85	+9 33 53	+0.7	-0.407	7.99	-24.0	0.037	3.73
σ Her	18 07 43.1	+2.34	+28 45 48	+0.7	0.009	0.95	-30.0	0.005	3.83
μ Sgr	18 14 02.0	+3.59	-21 03 26	+1.2	0.012	0.13	-6.0	0.012	3.86
χ Dra	18 20 58.5	-1.09	+72 44 05	+1.5	11.941	-34.95	32.5	0.120	3.57
δ Sgr	18 21 16.9	+3.84	-29 49 33	+1.8	0.271	-2.80	-20.0	0.039	2.70

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ''	ΔD ''/év	μ_{RA} s	μ_D ''	v_{rad} km/s	π ''	m
η Ser	18 21 32.6	+3.11	-2 53 50	+1.2	-3.651	-70.03	9.0	0.054	3.26
109 Her	18 23 53.4	+2.56	+21 46 19	+1.8	1.407	-24.22	-58.0	0.016	3.84
λ Sgr	18 28 14.9	+3.70	-25 25 08	+2.3	-0.324	-18.52	-43.0	0.046	2.81
α Sct	18 35 27.1	+3.27	-8 14 26	+2.8	-0.102	-31.21	36.0	0.013	3.85
α Lyr	18 37 05.5	+2.03	+38 47 17	+3.5	1.726	28.61	-14.0	0.123	0.03
φ Sgr	18 45 56.2	+3.75	-26 59 09	+4.0	0.398	0.04	22.0	0.000	3.17
β Lyr	18 50 14.8	+2.22	+33 22 05	+4.4	0.026	-0.30	-19.0	0.000	3.45
σ Sgr	18 55 32.7	+3.72	-26 17 27	+4.8	0.099	-5.42	-11.0	0.000	2.02
ξ^2 Sgr	18 57 59.9	+3.58	-21 06 01	+5.0	0.235	-1.16	-20.0	0.011	3.51
γ Lyr	18 59 06.7	+2.25	+32 41 45	+5.1	-0.016	0.23	-21.0	0.011	3.24
ζ Aql	19 05 37.0	+2.76	+13 52 13	+5.6	-0.035	-9.60	-25.0	0.036	2.99
λ Aql	19 06 29.3	+3.18	-4 52 32	+5.6	-0.115	-8.99	-12.0	0.025	3.44
τ Sgr	19 07 13.3	+3.74	-27 39 49	+5.5	-0.401	-25.05	45.0	0.038	3.32
π Sgr	19 10 01.9	+3.56	-21 00 58	+6.0	-0.001	-3.54	-10.0	0.016	2.89
δ Dra	19 12 33.3	+0.00	+67 40 10	+6.3	1.649	9.26	25.0	0.028	3.07
κ Cyg	19 17 12.4	+1.39	+53 22 37	+6.7	0.659	12.48	-29.0	0.023	3.77
δ Aql	19 25 43.5	+3.02	+3 07 26	+7.4	1.715	8.22	-30.0	0.062	3.36
ι^2 Cyg	19 29 49.2	+1.51	+51 44 22	+7.8	0.219	12.98	-20.0	0.005	3.79
β^1 Cyg	19 30 54.2	+2.42	+27 58 10	+7.7	0.015	-0.17	-24.0	0.017	3.24
γ Aql	19 46 28.4	+2.85	+10 37 28	+9.0	0.119	-0.18	-2.0	0.016	2.72
δ Sge	19 47 35.3	+2.68	+18 32 44	+9.1	0.048	0.83	3.0	0.001	3.82
α Aql	19 51 00.2	+2.93	+8 52 50	+9.7	3.629	38.63	-26.3	0.198	0.77
η Aql	19 52 42.1	+3.05	+1 01 03	+9.5	0.072	-0.71	-15.0	0.010	3.90
β Aql	19 55 32.1	+2.95	+6 25 06	+9.2	0.324	-48.19	-39.8	0.070	3.71
η Cyg	19 56 28.5	+2.25	+35 05 44	+9.7	-0.257	-2.74	-27.0	0.015	3.89
γ Sge	19 58 57.4	+2.67	+19 30 17	+10.0	0.465	2.37	-33.0	0.011	3.47
ϑ Aql	20 11 32.2	+3.09	-0 48 28	+10.9	0.256	0.44	-27.0	0.012	3.23
31 Cyg	20 13 46.4	+1.89	+46 45 19	+11.0	0.043	0.26	-8.0	0.007	3.79
α^2 Cap	20 18 18.2	+3.32	-12 31 50	+11.4	0.436	0.38	0.0	0.033	3.56
β Cap	20 21 15.8	+3.37	-14 46 01	+11.6	0.291	0.16	-19.0	0.010	3.08
γ Cyg	20 22 23.4	+2.15	+40 16 17	+11.7	0.035	0.03	-8.0	0.003	2.20
α Del	20 39 50.8	+2.79	+15 55 41	+12.9	0.455	-0.23	-3.0	0.008	3.77
α Cyg	20 41 35.1	+2.05	+45 17 48	+13.0	0.027	0.23	-5.0	0.000	1.25
η Cep	20 45 22.8	+1.21	+61 51 23	+14.1	1.229	81.85	-87.3	0.071	3.43
ϵ Cyg	20 46 23.6	+2.43	+33 59 14	+13.6	2.861	32.79	-11.0	0.044	2.46
ϵ Aqr	20 47 55.2	+3.24	-9 28 45	+13.4	0.235	-3.43	-16.0	0.015	3.77
ν Cyg	20 57 20.5	+2.24	+41 11 05	+14.0	0.109	-1.56	-28.0	0.010	3.94
ξ Cyg	21 05 05.7	+2.19	+43 56 45	+14.5	0.078	0.11	-20.0	0.007	3.72
ζ Cyg	21 13 07.7	+2.56	+30 14 44	+14.9	0.005	-5.57	17.0	0.021	3.20
α Equ	21 16 02.9	+3.00	+5 16 00	+15.0	0.394	-8.76	-16.0	0.013	3.92
α Cep	21 18 41.2	+1.43	+62 36 17	+15.3	2.181	4.94	-10.0	0.063	2.44
ζ Cap	21 26 55.4	+3.42	-22 23 30	+15.8	0.007	2.33	3.0	0.000	3.74
β Cep	21 28 43.0	+0.75	+70 34 50	+15.8	0.207	0.70	-8.0	0.014	3.23
β Aqr	21 31 47.7	+3.15	-5 33 04	+16.0	0.141	-0.82	7.0	0.006	2.91
γ Cap	21 40 20.4	+3.32	-16 38 31	+16.4	1.322	-2.35	-31.0	0.025	3.68

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ''	ΔD ''/év	μ_{RA} s	μ_D ''	v_{rad} km/s	π ''	m
ε Peg	21 44 24.4	+2.95	+9 53 45	+16.6	0.207	-0.06	5.0	0.006	2.39
δ Cap	21 47 17.3	+3.30	-16 06 24	+16.5	1.827	-29.66	-6.0	0.065	2.87
α Aqr	22 06 00.9	+3.08	-0 17 52	+17.6	0.131	-0.96	8.0	0.012	2.96
ι Peg	22 07 13.3	+2.80	+25 22 02	+17.7	2.200	2.46	-4.0	0.074	3.76
ϑ Peg	22 10 25.6	+3.03	+6 13 12	+17.8	1.852	2.71	-6.0	0.042	3.53
ζ Cep	22 11 00.7	+2.09	+58 13 25	+17.8	0.190	0.44	-18.0	0.019	3.35
γ Aqr	22 21 53.3	+3.10	-1 21 52	+18.2	0.877	0.70	-15.0	0.040	3.84
δ Cep	22 29 20.3	+2.24	+58 26 18	+18.5	0.191	0.14	-15.0	0.011	3.75
α Lac	22 31 28.7	+2.48	+50 18 21	+18.6	1.435	1.87	-4.0	0.036	3.77
ζ Peg	22 41 41.2	+2.99	+10 51 18	+18.9	0.546	-1.25	7.0	0.023	3.40
η Peg	22 43 12.8	+2.82	+30 14 42	+18.9	0.113	-2.54	4.0	0.017	2.94
λ Peg	22 46 44.9	+2.90	+23 35 22	+19.0	0.422	-0.99	-4.0	0.037	3.95
ι Cep	22 49 50.5	+2.15	+66 13 27	+19.0	-1.077	-12.50	-12.0	0.036	3.52
μ Peg	22 50 13.3	+2.90	+24 37 32	+19.1	1.076	-4.21	14.0	0.032	3.48
λ Aqr	22 52 50.9	+3.13	-7 33 20	+19.2	0.077	3.70	-9.0	0.012	3.74
δ Aqr	22 54 53.3	+3.18	-15 47 49	+19.2	-0.277	-2.54	18.0	0.039	3.27
α PsA	22 57 53.9	+3.30	-29 35 54	+19.1	2.551	-16.47	7.0	0.144	1.16
σ And	23 02 07.7	+2.77	+42 21 01	+19.4	0.204	-0.63	-14.0	0.015	3.62
β Peg	23 03 59.6	+2.92	+28 06 26	+19.6	1.431	13.74	9.0	0.015	2.42
α Peg	23 04 59.1	+2.99	+15 13 46	+19.4	0.436	-4.25	-4.0	0.030	2.49
88 Peg	23 09 41.2	+3.19	-21 08 52	+19.6	0.396	3.12	21.0	0.010	3.66
γ Psc	23 17 23.9	+3.11	+3 18 25	+19.7	5.090	1.70	-14.0	0.025	3.69
λ And	23 37 47.1	+2.95	+46 28 57	+19.5	1.567	-42.11	7.0	0.043	3.82
γ Cep	23 39 32.1	+2.51	+77 39 27	+20.1	-2.099	15.09	-42.0	0.064	3.21

Epocha: J2004.5 = 2004. július 2.125 = JD 2 453 188.625

A Naprendszer újabb holdjai – A

Név	T nap	a km	a R_b	i °	e	P nap
Jupiter						
Iocaste	r 596.29	20 423 900	285.689	150.37	0.389	
Erinome	r 762.55	24 062 800	336.590	162.95	0.192	
Isonoe	r 749.88	23 795 500	332.841	165.88	0.296	
Praxidike	r 636.96	21 342 200	298.527	146.76	0.096	
2001 J1	r 779.27	24 413 100	341.480	152.06	0.459	
2001 J2	r 611.52	20 769 900	290.521	148.29	0.283	
2001 J3	r 623.84	21 048 000	294.410	149.78	0.248	
2001 J4	r 751.57	23 830 900	333.337	150.43	0.326	
2001 J5	r 776.52	24 355 600	340.676	155.09	0.483	
2001 J6	r 749.17	23 780 100	332.627	165.57	0.280	
2001 J7	r 620.96	20 983 100	293.503	146.03	0.143	
2001 J8	r 680.35	22 300 600	311.932	164.79	0.325	
2001 J9	r 633.44	21 263 400	297.424	141.95	0.240	
2001 J10	r 554.43	19 456 300	272.146	145.70	0.128	
2001 J11	r 679.15	22 274 400	311.565	164.34	0.311	
2003 J8	r 780.96	24 448 400	341.974	152.62	0.264	
Szaturnusz						
2000 S7	r 1052.63	19 957 800	331.151	174.91	0.565	
Uránusz						
2001 U1	758.06	8 571 100	335.347	166.33	0.208	
Neptunusz						
2002 N1	r 2868.23	21 990 900	887.949	120.50	0.432	
2002 N2	2515.96	20 151 300	813.668	56.90	0.173	
2002 N3	2746.72	21 365 400	862.691	42.50	0.473	

A korábban felfedezett holdak végleges elnevezése

Jupiter

XVII	S/1999 J1	Callirrhoe	XXVII	S/2000 J7	Praxidike
XVIII	S/1975 J1,		XXVIII	S/2001 J1	Autonoe
	S/2000 J1	Themisto	XXIX	S/2001 J2	Thyone
XIX	S/2000 J8	Megaclite	XXX	S/2001 J3	Hermippe
XX	S/2000 J9	Taygete	XXXI	S/2001 J11	Aitne
XXI	S/2000 J10	Chaldene	XXXII	S/2001 J4	Eurydome
XXII	S/2000 J5	Harpalyke	XXXIII	S/2001 J7	Euanthe
XXIII	S/2000 J2	Kalyke	XXXIV	S/2001 J10	Euporie
XXIV	S/2000 J3	Iocaste	XXXV	S/2001 J9	Orthosie
XXV	S/2000 J4	Erinome	XXXVI	S/2001 J5	Sponde
XXVI	S/2000 J6	Isonoe	XXXVII	S/2001 J8	Kale
			XXXVIII	S/2001 J6	Pasithee

A Naprendszer újabb holdjai – B

Név	átmérő km	$M/M_{\text{bolygó}}$	albedó	E	m
Jupiter					
Io	5	—	0.04:	156'	21.8R
Europa	3	—	0.04:	158'	22.8R
Ganymede	4	—	0.04:	170'	22.5R
Callisto	6	—	0.04:	129'	21.2R
2001 J1	5	—	0.04:	196'	22.1R
2001 J2	4	—	0.04:	147'	22.4R
2001 J3	5	—	0.04:	145'	22.1R
2001 J4	4	—	0.04:	174'	23.0R
2001 J5	3	—	0.04:	199'	23.2R
2001 J6	2	—	0.04:	153'	23.6R
2001 J7	4	—	0.04:	116'	22.8R
2001 J8	3	—	0.04:	163'	23.1R
2001 J9	3	—	0.04:	145'	23.4R
2001 J10	3	—	0.04:	121'	23.1R
2001 J11	4	—	0.04:	161'	22.6R
2003 J8	4	—	0.04:	170'	23.0R
Szaturnusz					
2000 S7	6	—	0.06:	84'4	23.9R
Uránusz					
2001 U1	15	—	0.07:	13'0	25.3R
Neptunusz					
2002 N1	70	—	0.05:	25'1	24.1R
2002 N2	40	—	0.05:	18'9	25.4R
2002 N3	50	—	0.05:	25'1	25.0R

Szaturnusz

XIX	S/2000 S1	Ymir
XX	S/2000 S2	Paaliaq
XXI	S/2000 S4	Tarvos
XXII	S/2000 S6	Ijiraq
XXIII	S/2000 S12	Suttung
XXIV	S/2000 S5	Kiviuq
XXV	S/2000 S9	Mundilfari
XXVI	S/2000 S11	Albiorix
XXVII	S/2000 S8	Skadi
XXVIII	S/2000 S10	Erriapo
XXIX	S/2000 S3	Siarnaq
XXX	S/2000 S7	Thrym

Uránusz

XXI	S/2001 U1	Trinculo
-----	-----------	----------

A Naprendszer újabb holdjai – C

Név	felfedezés időpontja	felfedező
Jupiter		
Io	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
Erinome	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
Isonoe	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
Praxidike	2000.11.23.	S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez, G. Magnier
2001 J1	2001.12.10.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J2	2001.12.11.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J3	2001.12.09.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J4	2001.12.09.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J5	2001.12.09.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J6	2001.12.11.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J7	2001.12.11.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J8	2001.12.09.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J9	2001.12.11.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J10	2001.12.11.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2001 J11	2001.12.09.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna
2003 J8	2002.10.31.	S. Sheppard, D. Jewitt, J. Kleyna, Y. Fernandez
Szaturnusz		
2000 S7	2000.09.23.	B. Gladman, J. Kavelaars
Uránusz		
2001 U1	2001.08.13.	M. Holman, J. Kavelaars, D. Milisavljevic
Neptunusz		
2002 N1	2002.08.14.	M. Holman, J. Kavelaars, D. Milisavljevic
2002 N2	2002.08.14.	M. Holman, J. Kavelaars, D. Milisavljevic
2002 N3	2002.08.13.	M. Holman, J. Kavelaars, D. Milisavljevic

A táblázat a 2001-es kötetben megjelent *A Naprendszer holdjai*, és a 2002-es kötetben megjelent *A Naprendszer újabb holdjai* című táblázat kiegészítése. Csak azokat a holdakat tartalmazza, amelyek adatait azóta pontosabban ismerjük, illetve amelyeket legalább két szembenállás idején sikerült megfigyelni. (Az *Újabb holdak az óriásbolygók körül* című hírhez.)

Jelölések:

T = a keringési idő – az r jelölés retrográd keringést jelent,

a = a pálya fél nagytengelye km-ben és a bolygó egyenlítői sugarának egységében,

i = a pályahajlás az ekliptikához viszonyítva,

e = a pálya excentricitása,

P = a tengelyforgási idő – a K kötött keringést jelez,

a méretadatok az észlelt fényességből és a becsült albedóból számolt értékek,

$M/M_{\text{bolygó}}$ = a hold és a bolygó tömegaránya,

E = a hold lehetséges legnagyobb szögtávolsága a bolygó középpontjától egy átlagos oppozíció idején,

m = az átlagos fényesség.

A csillagokat legjobban ismerők

Először is a csillagokról és a csillagokról

Cikkek, beszámolók

A csillagászat legújabb eredményei

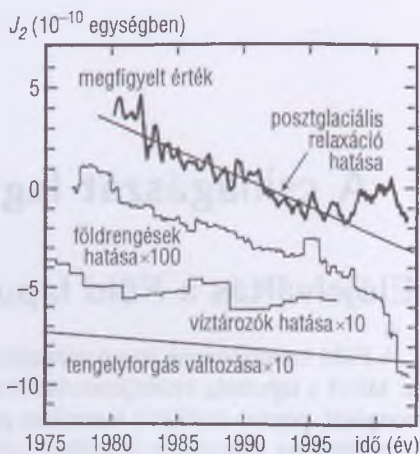
Előjelváltás a Föld lapultságának változásában

A Föld lapultságának meghatározása eredetileg a térképezés céljait szolgálta. Mivel a lapultság erőteljesen befolyásolja az alacsonyan keringő műholdak mozgását, pontos értékét a kozmikus geodéziai megfigyelések szolgáltatták, és az eredményt alkalmazni is kellett bármely űreszköz pályájának kiszámításánál. A műholdmegfigyelések pontosságának növekedése évtizedenként nagyjából egy nagyságrenddel javította a lapultság meghatározásának pontosságát, ezáltal lehetővé vált időbeli változásainak vizsgálata is.

A lapultság jellemzésére a Föld gravitációs erőterének legnagyobb zonális (szélesség szerinti változást megadó) harmonikusa, a J_2 szolgál, amelynek átlagértéke $1.082627 \cdot 10^{-3}$. Már 1980 előtt észrevették, hogy a J_2 $2.8 \cdot 10^{-11}/\text{év}$ ütemben szekulárisan csökken, vagyis a Föld alakja egyre jobban közeledik a gömbhöz. Ennek okát a geofizikusok a *posztglaciális relaxáció* (jégkorszak utáni rugalmas alakváltozás) jelenségében keresték. A jégkorszaki vastag jégtakaró ugyanis a magas földrajzi szélességeken csak mintegy tízezer éve olvadt el. Ahogy a földkéreg felszabadult a jég hatalmas nyomása alól, lassan emelkedni kezdett, és ezért csökken a Föld lapultsága. A műholdas mérések szerint a J_2 — kisebb ingadozásoktól eltekintve — csaknem két évtizeden keresztül egyenletesen csökkent, és ennek mértéke tökéletesen megfelelt a posztglaciális relaxáció modelljéből számítotttnak.

Az 1.1. ábrán a felső, vastag görbe a J_2 megfigyelt változását, a ráhelyezett vékony egyenes pedig a geofizikai modellből számított függvényt mutatja. 1980–1998 között a vastag görbe jól illeszkedik az elméleti egyenesre, 1998-ban azonban az észlelt görbe hirtelen megfordult, a Föld lapultsága növekedni kezdett. A több, független módszerrel (lézeres műholdkövetés, VLBI, GPS és DORIS) levezetett jelenség realitásához nem fér kétség. Magyarázatához olyan tömegátrendeződésre lenne szükség, amely magasabb szélességektől az egyenlítő felé visz anyagot. Ilyen lehetne például a sarkvidéki jég hirtelen megolvadása, és az óceánok vízszintjének emelkedése a tropikus zónában — ennek azonban a tengerek magasságát mérő műholdak nem találják nyomát.

Más lehetséges magyarázatokat is végigszámoltak. A J_2 értékét és annak változását például befolyásolják a földrengések (2. görbe), a nagy földi víztározók helyzete (3. görbe), illetve a Föld forgásának lassulása az árapály-fékezés hatására (4. görbe). Ezek a hatások azonban egy-két nagyságrenddel kisebbek a megfigyelt változásnál. Szerepe lehet nagy légtömegek áthelyeződésének is. Jelenleg azonban még nem találtak megfelelő magyarázatot a J_2 növekedésére. Mivel a jelenség reálisnak látszik, érdemes lesz foglalkozni a J_2 korábbi ingadozásainak elemzésével is (ezeket eddig mérési hibának tekintették). Általánosságban megállapítható, hogy a nagy pontosságú kozmikus geodéziai mérésekkel újabban részletesen vizsgálhatók a földi tömegáthelyeződések a Föld magjától egészen a felsőléggkörig.



1.1. ábra. A J_2 időbeli változása (vastag görbe) – levonva a légköri, az árapály- és a szezonális hatásokat. A vékony vonalak különféle geofizikai jelenségek számított hatását mutatják a J_2 -re. Az alsó görbék 10-es illetve 100-as szorzójából látható, hogy ezek a hatások elhanyagolhatók a posztglaciális relaxációhoz képest

Almár Iván

Physics Today, 2002. október;
EOS, 2003. április 22.

Újdonságok a Holddal kapcsolatban

Új magyarázat az „örvények” kialakulására

A Hold felszínén van néhány diffúz szélű, kaotikus, világos folt, amelyekhez semmiféle domborzati forma nem tartozik, csak albedójuk tér el a környezettől, és erős, lokális mágneses tér mérhető a közelükben. Közülük a *Reiner Gamma* nevű a Hold innenső oldalán, az *Oceanus Procellarum* nyugati részén található (1.2. ábra), a többi azonban mind a Hold túlsó oldalán van. Ezeket az alakzatokat az angolszász irodalom *swirl* (örvény) néven említi.

Keletkezésüket eddig üstökösek becsapódásával magyarázták, amelynek során az ionizált becsapódási felhő hozta volna létre a mágneses anomáliát.

Újabb L. HOOD és társai úgy gondolják, hogy e képződmények sokkal később és sokkal hosszabb idő alatt alakultak ki, mint maguk a mágneses anomáliák. A Reiner Gamma kivételével az összes ilyen alakzat a nagy medencékkel átellenes területeken helyezkedik el, ezért a mágneses anomáliákat szerintük is becsapódások hozták létre, de a becsapódás nem üstökösökkel, hanem az óriásmedencék keletkezésével kapcsolatos. A mágneses anomáliák viszont — mint kis magnetoszféra-buborékok — a későbbiekben megvédték a felszínnek ezeket a részeit a napszél bombázó hatásától. A későbbi becsapódások következtében odaszóródott, világosabb anyag ezeken a helyeken nem tudott elsötétedni, mint másutt. A Nap nagy energiájú korpuszkuláris sugárzásának hatására ugyanis a felszíni anyag egy bizonyos idő alatt sötétebbé válik, így például az öreg kráterek világos „sugársávjai” a mágneses tér által nem védett helyeken már nem látszanak.



1.2. ábra. A Reiner Gamma a Lunar Orbiter nagy felbontású felvételén

Földről származó meteoritok a Holdon?

A Földön már számos meteoritot találtak, amelyek a Marsról, illetve Holdról származnak. ARMSTRONG, WELLS és GONZALEZ szerint a Földön ugyan nagyobb a szökési sebesség, de a Naprendszer keletkezésének késői, nagy meteoritbombázási periódusában a Földről is elszökhetnek kövek, amelyek egy

része az akkor még a Földhöz közelebb lévő Holdon landolhatott. A geológiaiailag nagyon aktív Földön ebből a korai időszakból semmilyen kőzet nem maradt fenn, ezért óriási lenne a jelentősége, ha a Hold felszínén találnánk ilyen ősi földi eredetű meteoritokat, amelyek a belsejükben lévő gázzárványok révén még az ősi Föld légkörére is szolgáltatathatnának adatokat. Ha tényleg léteznek ilyen meteoritok, és az évmilliárdok alatt nem váltak maguk is porrá a mikrometeoritok bombázása következtében, akkor sem lesz könnyű őket megtalálni a vastag holdi regolitréteg alatt.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2002. július;

Nature, **419**, 2002. október;

Icarus, **160**, 2002.

A RHESSI első éve

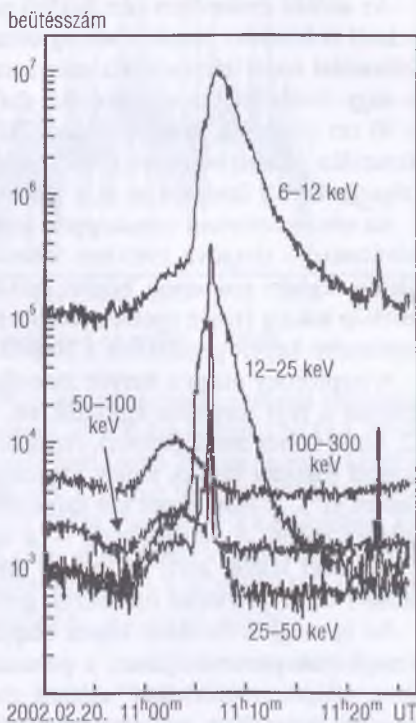
A *Skylab* űrállomás három évtizeddel ezelőtti, akkor a szenzáció erejével ható röntgenképei óta a Nap nagyenergiás hullámhosszakon való rendszeres megfigyelése alapvető igénye a napfizikus közösségnek. Amikor a Skylabnál jóval nagyobb felbontású japán *Yohkoh* műhold egy évtizednyi működés után, 2001. december 15-én végleg elveszett, a napkorona forró anyagában zajló folyamatok követése átmenetileg megszakadt. Szerencsére a szünet rövid ideig tartott. Az előzetes terveknek megfelelően (azaz hozzájuk képest némi csúszással) 2002. február 5-én a NASA felbocsátotta a röntgentartományban észlelő újabb napkutató holdat, mely az akkoriban elhunyt neves űrfizikusról a *Reuven Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager* (röviden *RHESSI*) nevet kapta. Élettartamát legalább két évre tervezik. Bár a *RHESSI* felbocsátása bizonyos szempontból épp jókor jött, sajnálatos, hogy a *Yohkoh* váratlan elvesztése miatt a két szonda adatsorait nem lehetett egymással összevetni (szaknyelven *keresztkorreláltatni*), hogy a közöttük levő arányosságot meghatározzák.

A *RHESSI* a *Yohkoh*-nál valamivel nagyobb energiákon, a keményröntgen-és lágygamma-tartományban (3 keV–17 MeV) végzi képalkotó és spektrális megfigyeléseit. Ez az első olyan eszköz, amely a 100 keV fölötti energiatartományban is alkalmas képalkotásra. Szögfelbontása 2'' és 36'', spektrális felbontása pedig a hullámhossztól függően 1 és 5 keV között van. Időbeli felbontása 2 másodperc, ami — a szögfelbontás rovására — akár néhány tized másodpercre is leszorítható.

A program fő célja a napkitörésekben zajló részecskegyorsítási és energiatranszferálási folyamatok vizsgálata. Október végére már több mint száz

röntgenflert és tíz gammaflert észlelt. A szonda által mért kemény sugárzás az átkötődés során felgyorsult elektronok fékezési sugárzása a korona alján elhelyezkedő mélyebb rétegekben. A lefékeződő elektronok e rétegeket felfűtik, s így azok is sugározni kezdenek valamivel rövidebb (lágyröntgen – távoli UV) hullámhosszakon. Az első meglepetést a RHESSI azzal okozta, hogy a kemény röntgensugárzás a várakozással szemben időben határozottan megelőzi a lágyabb emissziót.

De a RHESSI legnagyobb vívmánya a *mikroflerek* (a legnagyobb napkitöréseknél milliószorta kisebb energiájú flerek) tömeges detektálása. Mivel a flerek gyakorisága a méretükkel igen határozottan csökken, régóta feltételezik, hogy az ilyen mikroflerek nagyon nagy számban zajlanak a napkoronában, gyakorlatilag folyamatosan, elsősorban az aktív vidékek felett. Ennek első közvetlen bizonyítékát a RHESSI szolgáltatta. A RHESSI napfizikai vizsgálatai mellett más égitesteket is észlel, ha éppen ráér. A vizsgálandó objektumok listáján szerepel a Rák-köd, egyéb röntgen- és gammaforrások, de a gammaviharok és röntgentranziensek megfigyelése is a feladatok közé tartozik. Elsősorban a műhold jó spektrális felbontása által nyerhetők ezeken a területeken újabb információk.



1.3. ábra. A RHESSI által megfigyelt egyik első napkitörés röntgensugárzásának időbeli változása

Petrovay Kristóf

<http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessi/>.

Megújult svéd naptorony

Míg az éjszakai csillagászat esetében megszokhattuk, hogy a távcsövek első és legfőbb jellemzője az átmérőjük, addig a naptávcsövek esetében az átmérő sokáig kevésbé lényeges paraméternek számított. Hiszen mire is jó a nagy

átmérőjű műszer? Több fényt tud összegyűjteni — de hát a Nap úgyis elég fényes —, és persze elvileg nagyobb felbontásra képes, csak hogy a légköri turbulencia okozta képéletlenség, a *seeing* néhányszor tíz cm-es átmérő fölött úgyis határt szab a felbontás növelésének.

Az utóbbi évtizedben tért hódító adaptív optikák azonban a nagy távcsöveknél is lehetővé teszik a *seeing* okozta életlenség kiiktatását és az elméleti felbontási határ elérését. Ez már a napfizikusok számára is érdekessé tette a nagy átmérőjű távcsöveket. Az első nagyobb, adaptív optikájú naptávcső a 90 cm átmérőjű, francia–olasz *THEMIS* volt, amelyet 2000-ben adtak át Tenerifén (Kanári-szigetek), 2002 májusában pedig a szomszédos La Palma szigetén került átadásra az új, 1 méteres *svéd naptorony*.

Az obszervatórium voltaképpen már régóta létezik: korábbi, feleekkora tükróátmérőjű távcsöve 1985-ben készült. Noha nem volt adaptív optikájú, az ideális légköri viszonyok között működő, zseniálisan egyszerű tervezésű teleszkóp sokáig (rossz nyelvek szerint még a *THEMIS* átadása után is) a világ legélesebb képeit produkálta a Napról.

A naptorony maga a helyén maradt, az új teleszkópot két évig tartó átalakítással a régi toronyba építették be, de a szerelési mód változatlan maradt (2. kép a színes mellékletben). Az új teleszkóp *napkereső* (*turret*), vagyis olyan, hosszú fókuszú távcső, amely függőleges helyzetben áll (a naptornyot magát „béleli ki”). A Nap képét két azimutális szerelésű segédtükrör vetíti be a függőleges csőbe. A segédtükrök — a szórt fény minimalizálása érdekében — a távcsővel közös, zárt, vákuumos tubusban vannak. Az adaptív optikával a műszer 0".15 felbontást tud elérni, ami a Napon kb. 90 km-nek felel meg.

Az új, nagy felbontású képek alapján már született egy fontos felfedezés: a napfoltok penumbrájában, a penumbra sötét szálainak közepén hajszálvékony, világos „csatornákat” találtak (hátsó borító). Ezek természete, eredete egyelőre ismeretlen, ami nem meglepő, tekintve, hogy az egész penumbráé is — már évszázadok óta — az...

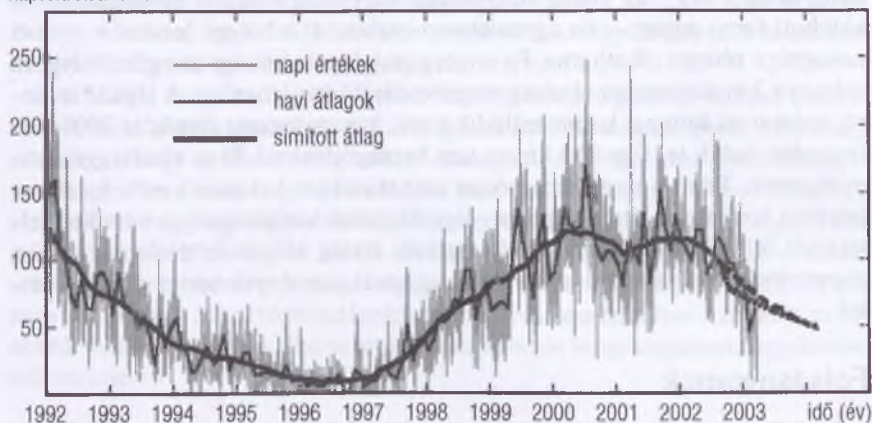
Petrovay Kristóf

<http://www.astro.su.se/English/groups/solar/solar.html>.

A Nap utolsó aktív éve

Az 1999-ben kezdődött és 2000 nyarán tetőzött naptevékenységi maximum az előrejelzések szerint 2002-vel véget ért. De előtte 2001 végén még mutatkozott egy másodlagos maximum. Ez nem ritka jelenség, az előző ciklusban is így történt.

napfoltrelatívszám



1.4. ábra. A napfoltrelatívszám alakulása az utóbbi 11 évben

2002-ben tehát még elég aktív volt a Nap, júliusban pedig egészen látványos tűzijátékot produkált. Július 15-én az óriási (220 000 km hosszú) *NOAA 10030* aktív vidék mutatott be egy X3.0 osztályú flert, amit három nappal később egy X1.8-as kitörés követett. Huszadikán egy X3.3 fler történt a *NOAA 10036* aktív vidéken, majd végül 23-án a *NOAA 10039* hatalmas, X4.8 osztályú kitöréssel jelentkezett. Érdekes, hogy ezen aktív régió közeledtét a még a Nap túloldalán produkált nagy koronakilövellése (és a SOHO MDI mérései alapján rutinszerűen készített kép a túloldalról) már előre jelezte.

Petrovay Kristóf

A Mars

A nagy völgyhálózatok

A Mars nagy völgyhálózatait eddig egyértelműen az ősi, meleg, nedves klíma bizonyítékának tekintették. SEGURA és társai most azt az ötletet vetették fel, hogy egy-egy nagyobb becsapódás alkalmával annyi hő adódhat át, amennyi száz vagy akár ezer évig is fagyponthoz feleltethető a kéreg egy részét.

A Mars felszínén 25 darab 600 és 4000 km közötti átmérőjű kráter nyoma látható. A számítások szerint 9 km/s sebesség esetén egy 100 km átmérőjű kisbolygó becsapódása $6 \cdot 10^{25}$ J energiát ad át, 600 km átmérőjű krátert hoz

létre, és ez $3 \cdot 10^{18}$ kg anyag elpárolgását vagy megolvadását eredményezi. A kidobott forró anyag — ha egyenletesen oszlana el a bolygó felszínén — 2 m vastagságú réteget alkothatna. Ez a réteg csak lassan hűl, így az egész bolygóra számítva 3 m vastagságú vízréteg megolvadását teszi lehetővé. A légkör is forró, ezért nem azonnal kondenzálódik a víz, hanem lassan, évenként 2000 mm csapadék hullik le. Egy 250 km-es test becsapódásánál 50 m vízréteggel számolhatunk. Tehát a nagy becsapódás utóhatásaként keletkező esők hatalmas folyókat hozhatnak létre. Vagyis a völgyhálózatok kialakulásához nem kell feltétlenül folyamatosan fennmaradó nedves, meleg klímát feltételezni, hanem planetológiai skálán rövid időtartamú, egyszeri események során is létrejöhetnek.

Folyásnyomok

Nem biztos, hogy a Marson talált jelenkori folyásnyomokat tiszta víz hozta létre, valószínűleg inkább sós víz hatására keletkeztek. Bizonyos sók ugyanis számottevően csökkentik a víz fagyáspontját, akár -48°C -ig is. A regolitban a víz kémiai kölcsönhatás által — különösen vulkáni sziklákból — kioldhat ilyen sókat. A sóoldat a vastag regolitréteg alján összegyűlik, és forrásvízként jelenhet meg a lejtők oldalában.

A Mars öregebb arca

A Mars öregebb arca bontakozott ki, amikor a *Mars Global Surveyor* (MGS) szonda lézeres magasságmérő műszerének kb. 1 m pontosságú magassági mérései alapján elkészítették a Mars globális topográfiai térképét. FREY és munkatársai előtt ugyanis nagy, eltemetett becsapódásos kráterek és medencék képe rajzolódott ki (mint annak idején a Hold esetében a *Clementine* szonda magassági méréseiből). Ezek közül a korábbi fotogeológiai térképezések alapján csak néhány volt sejthető. Ilyen például az *Utopia* síkságon lévő, 3300 km átmérőjű medence, amely az ősi, nagy kisbolygó-becsapódási periódusban keletkezhetett, és eredetileg olyan mély lehetett, mint a déli félgömbön a 10 km-es mélységű Hellas medence.

Az északi síkságot eddig nagyon fiatalnak hittük. Az északi félgömbön a *Viking Orbitek* fotói alapján talált 90 becsapódásos szerkezet mellett most a magasságmérővel 644 krátert azonosítottak. Tehát az északi félgömb felszíne ugyanolyan öreg, mint a déli felföldé, csak ennek nyomait az üledékréteg betakarta. A déli félgömbön is találtak eltemetett krátereket, de a korábban ismertekhez képest nem olyan hatalmas arányban, mint az északon.

Ez a felfedezés azt jelenti, hogy az északi félgömbön az öreg felszínt csak egy vékony üledéktakaró borítja, és nem is teljesen. A nem teljesen fedett

területek alapján az üledéktakaró vastagságát általában 1–2 km-nek becsülik. Bizonyos vulkáni területek közelében azonban, ahol egyáltalán nem látszanak öregebb kráterek, a takaró vastagsága elérheti az 5 km-t is.

Közismert, hogy az északi félgömb felszínének átlagszintje sokkal alacsonyabb, mint a déli félgömbé. A két félgömb közötti magasságbeli különbség azt jelenti, hogy az északi félgömbön vékonyabb a kéreg. Még nincs bizonyított magyarázat arra, hogy mi hozhatta létre ezt kettősséget. Olyan ötleteket vetettek fel, hogy egy vagy több nagy becsapódás dobta le az északi félgömből a kéreg anyagát; esetleg az alatta lévő köpeny dinamikai folyamatai okozták a vastagságbeli eltérést. A magasságmérésből nyert új kráterstatistika azt bizonyítja, hogy a Mars történetének nagyon korai szakaszában kialakult ez az eltérő vastagságú kéreg. Ezt a tényt tehát minden magyarázatnak figyelembe kell vennie.

Paleoklíma-vizsgálat lehetősége

A többi bolygó gravitációs zavaró hatása következtében a Mars-pálya excentricitása és a bolygó forgástengelyének hajlása is százezer éves időskálán periodikusan változik. Az inklináció $13\text{--}47^\circ$, az excentricitás $0.00\text{--}0.13$ között változhat, ami biztosan nagy klímaváltozásokat okoz a Marson. A Földnél is fellép ilyen hatás, a Hold jelenléte miatt azonban ezek a változások sokkal kisebbek. Az inklináció csak 2.5° -ot változik, az excentricitás pedig csak $0.01\text{--}0.05$ között mozog.

LASKAR és társai a marsi paleoklíma tanulmányozására a marsi sarki sapkák váltakozó sötét-világos rétegződését használták fel — a Földön a fagyűrűk vagy a jégben végzett fúrások példája alapján. A Marson már 1971-ben, a Mariner—9 képein felfedezték, hogy a poláris sapkákat a 75° -os marsi szélességek fölött réteges szerkezetű, kiterjedt lerakódás övezi. A marsi télen lehulló hóréteget a tavaszi-nyári porviharok után kihulló por beborítja, és így elválasztja a következő télen leeső hótól. Különösen az északi poláris sapka vastag jegébe vágódnak bele mély völgyek (*1. kép* a színes mellékletben), amelyek nagy mélységeig látni engedik a poláris sapka réteges szerkezetét.

A völgyek oldalfalairól készült, nagy felbontású MGS-képeken fotometriai módszerekkel vizsgálható a rétegek változó színe, fényessége. A fényesség változásának több oka is lehet. Változhat azért, mert a különböző években eltérő mennyiségű por ülepedik le, vagy különböző mennyiségű hó hullik, esetleg a tengelyhajlás változása miatt változik a besugárzás, és emiatt különböző mennyiségű hó szublimál. Az északi poláris sapkán a déli völgyfalak alkalmasak a besugárzás változásának nyomon követésére.

Természetesen sok kérdést kell még tisztázni, mindkét poláris sapkán számos völgyfal vizsgálatára van még szükség ahhoz, hogy a fényességváltozás-

ból egyértelműen meg lehessen mondani, hogyan változott a nyári besugárzás, vagyis a tengelyhajlás a Mars korábbi történetében.

Illés Erzsébet

Science, **298**, 2002. december; *Icarus*, **158**, 2002.;

Nature, **418**, 2002. július; **419**, 2002. szeptember.;

Geophysical Research Letters, **29**, 2002.

A Mars Odyssey szonda eredményeiből

A *Mars Odyssey* neutron-spektrométerének mérései a Mars talajának felső 1 méterében lévő hidrogén mennyiségéről szolgáltatnak adatokat a déli félgömb nyári, illetve az északi félgömb téli időszakára. A hidrogéneloszlás globális feltérképezése azt mutatja, hogy a poláris régióban 1 m mélységig a talaj alsó része nagyon gazdag hidrogénben, amelyet egy néhányszor 10 cm hidrogénben szegény lerakódás takar. Az északi poláris sapka központi területét és a déli poláris sapka tartósan megmaradó részét is vastag szilárd széndioxid-réteg fedi. A neutron-mérések alapján készült térképeken ott vannak hidrogénben gazdag területek, ahol a modellszámítások szerint a vízjég stabilan megmaradhat. Ezeken a területeken tehát a hidrogén vízjég formájában van jelen, és a vízjég a réteg tömegének $35 \pm 15\%$ -át teheti ki. És ez még csak a „jéghegy csúcsa”, mert a neutron-spektroszkópia 1 m-nél mélyebbről nem érzékeli a hidrogén jelenlétét.

A hidrogénben szegény fedőréteg vastagsága a pólus felé haladva egyre csökken, a vízjég egyre közelebb van a felszínhez. Másként mondva: az egyenlítőhöz közelebb lévő területeken egyre vastagabb rétegből száradt már ki (szublimált) a vízjég. Ez is alátámasztja azt az egyéb vizsgálatokból levont következtetést, amely szerint a Mars most egy melegedő időszakban van. A pályaelemek periodikus változása miatt a mintegy százezer éves időskálán változó klíma éppen kifelé tart egy jégkorszakból.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2002. június, szeptember;

Science, 2002. július.

A Galileo-program vége

A *Galileo* űrszonda 2002. november 5-én repült el utoljára egy Jupiter-hold, az *Amalthea* mellett. A mindössze 160 km-es megközelítés során, sajnos, tákarékossági okból nem használták a kamerát. Ez azért nagy kár, mert a csil-

lagkövető kamera 9 alkalommal fényfelvillanást jelzett, ami arra utal, hogy az Amalthea környezetében 7–9 kisebb test is található (két-két felvillanás származhatott esetleg azonos objektumtól). A szonda pályamódosulásából meghatározható volt az Amalthea tömege és sűrűsége. A sűrűség nagyon alacsony, a vízjég sűrűsége környékén van. Ebből arra következtetnek, hogy az Amalthea nagyobb darabok laza halmaza lehet, amelyek nem töltik ki hézagmentesen a hold térfogatát, hanem nagy üregek maradnak közöttük. Története során a hold intenzív meteoritbombázást és széttörést szenvedhetett el.

A Galileo űrszonda 2003 áprilisában, a Jupiter körüli 35. keringése során a bolygó testét metsző pályájára állt, és 2003. szeptember 21-én a bolygó légkörébe csapódva megsemmisült. Műszereit már február 28-án kikapcsolták, és nem is terveztek semmi aktivitást a becsapódás előtt néhány órát leszámítva, amikor méréseit közvetlenül a Földre továbbította.

A Galileo a tervezettnél öt évvel tovább működött, és négyszer nagyobb sugárdózist viselt el.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2003. február;

<http://www.jpl.nasa.gov/galileo>;

<http://www.space.com/scienceastronomy/galileo>.

Europa

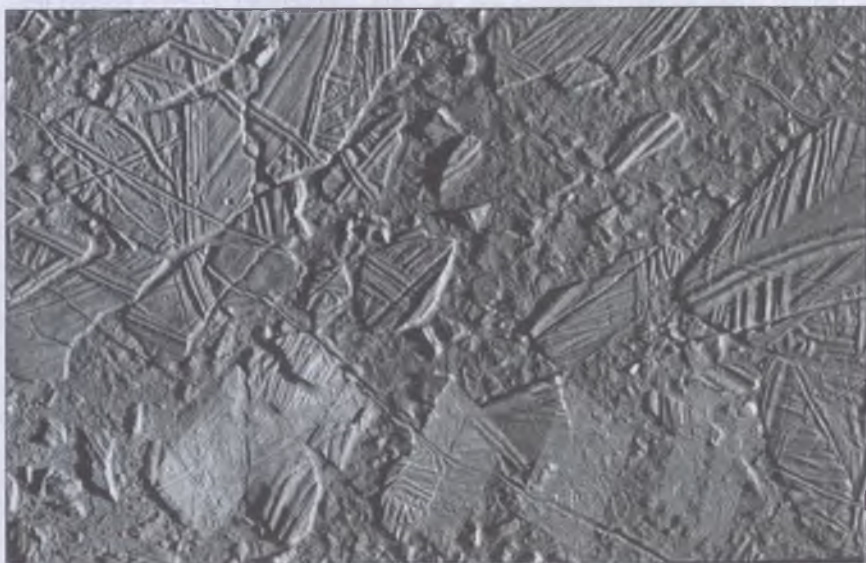
A jégkéreg vastagsága

Az *Europa* óceánján lévő jégkéreg vastagságára a különböző becslések néhány km-től a 10 km feletti értékig terjedő adatokat közölnek. Ha a jégkéreg valóban csak néhány km vastag volna, akkor a repedések keresztülhatolhatnak rajta. Ekkor a mélyben lévő folyékony víz és a felszín között jelentős anyagcserélődés lehetséges, ami érdekes gondolatokat vet fel egy esetleges óceáni élet szempontjából.

P. SCHENK azt vizsgálta, hogy milyen kapcsolat van a becsapódásos kráterek központi csúcsának és körsáncának magassága és a kráter átmérője között. Kutatásaiból arra a következtetésre jutott, hogy a krátermorfológia alapján kizárható a vékony jégreteg léte. A jégkéreg és az óceán közötti határ legalább 19 km mélyen helyezkedhet el. Ilyen kéregvastagság esetén a mélyben lévő folyékony víz és a felszín anyaga már kevésbé cserélődhet.

A káosz-területek keletkezése

Az Europa felszínén látható *káosz-területek* (1.5. ábra) keletkezésének legvalószínűbb oka az, hogy a jégkéreg alatti folyékony vízben kialakuló konvektív melegáramok átolvasztják a fölöttük lévő kérget. A víz újrafagyása során keletkező jég megrepedezik, egymásra torlódik. A vizsgálatok szerint a konvektív áramok energiáját az árapályfűtés szolgáltatja. A számítások szerint a 200 m-nél nagyobb kiterjedésű területek tízezer év nagyságrendű idő alatt, a kisebb területek pedig néhány száz év alatt átolvadhatnak.



1.5. ábra. Repedésekkel sűrűn szabdalts jégkéreg (káosz-terület) az Európán

A repedések

Az Europa jégkérgén sok olyan repedés van, amelynél a jégtáblák a repedés mentén egymáshoz képest elcsúsznak. Ez hasonló a földi kéreg tábláinak elmozdulásához, aminek egyik legismertebb példája a Szent András-törésvonal Kaliforniában. Ezeket a szakirodalom csuszamlásos, csapás irányú vetőknek nevezi. Az árapályelmélet szerint ezek az elmozdulások az árapályfeszültségek hatására keletkeznek, és az égitest forgástengelyére szimmetrikusak. Az Europa kérgén látható vetők azonban nem szimmetrikusak a hold forgástengelyére, emellett a mintegy 50 millió éves felszín legfiatalabb képződményei.

Ebből arra következtetnek, hogy az Európán gyors pólusvándorlás zajlik. Az elmúlt néhány millió év alatt az egész jégkéreg mintegy 30° -ot elmozdult, „elúszott” a forgástengelyhez képest. Ez egyértelműen jelzi azt is, hogy a jégkéreg sehol nem érhet le a mélyebben fekvő szilikátos rétegeig, hanem mindenütt az óceán vizén úszik, különben nem tudna így egyben elmozdulni.

Nagy energiájú semleges atomok

A Szaturnusz felé indított *Cassini* űrszonda 2000 őszén – 2001 tavaszán elhaladt a Jupiter mellett, és vizsgálta az óriásbolygó környezetében lévő, nagy energiájú, semleges atomokat. A méréseket az 50–80 keV energiatartományban végezték, ami a protonok esetében 3000–4000 km/s sebességet jelent.

Nagy energiájú semleges atomokat a Föld környezetében már korábban felfedeztek. Ezek itt úgy keletkeznek, hogy a magnetoszférában befogott és a mágneses erővonalak mentén mozgó, nagy energiájú ionok a légkör legkülső rétegét alkotó semleges hidrogénkoronával kölcsönhatva töltést cserélnek. A semlegessé vált atomok így kiszabadulnak a mágneses tér fogságából, és a töltéscsere pillanatában érvényes sebességgel folytatják útjukat.

A Jupiternél ilyen atomokat először a Voyagerek detektálták 1979-ben, és akkor azt feltételezték, hogy az 5.9 Jupiter-sugár távolságban mozgó *Io* szolgáltatja a töltéscseréhez szükséges semleges gázt. A nagy távolságból készített *Cassini*-képek a semleges atomokra egy pontforrást mutattak, amely azonban $140 R_J$ -ről már felbomlott, és az Europa pályáján kívül is láthatóvá vált egy komponens. A belső forrás a Jupiter felsőléggöre, amelyet a hullám–részecske kölcsönhatás miatt a magnetoszférából kiszóródott, töltött részecskék táplálnak, amikor a légköri atomokkal töltéscsere reakcióba lépnek, és semlegessé válnak. A másik forrás az Europa pályáján kívüli, semleges gázfelhő. A semleges felhő összetétele (főleg H, H₂, O és O₂) arra utal, hogy a forrása az Europa felszínének jege. A gázfelhő anyagát a Jupiter magnetoszférájában mozgó nagyenergiájú töltött részecskék becsapódása löki ki az Europa felszínének jégéből.

Meglepő, hogy az Europa az *Io* gázfelhőjéhez mérhető nagyságú semleges gázfelhőt hoz létre, és az sokkal nagyobb hatással van a Jupiter magnetoszférájára, mint az *Io* által kibocsátott gáz.

Illés Erzsébet

Nature, 2002. május, 2003. február;
Icarus, 156, 158, 2002.

A Ganymedes mágneses tere

Eddig a *Ganymedes* az egyetlen hold, amelynél belső eredetű mágneses teret találtak. Miután az Európánál és a Callistónál a Galileo szonda mágneses méréseiből indukált mágneses tér jelenlétére lehetett következtetni, elég természetes a feltételezés, hogy az állandó tér mellett a Ganymedes esetében is lehet indukált tér. KIVELSON és munkatársai megpróbálták indukált mágneses tér jelenlétét is kimutatni a Galileo űrszonda mágneses méréseiből, amelyeket öt Ganymedes-megközelítés alatt gyűjtöttek. A számítások nem adtak egyértelmű választ arra, hogy csak belső eredetű mágneses tér van-e egy dipól és egy kvadrupól tag összegeként, vagy egy belső eredetű dipól térre egy indukált dipól mágneses tér rakódik-e. Miután a mérések mind a két feltételezést egyformán jól írták le, a kutatók annak alapján választották a második megoldást, hogy ott 8 helyett 4 paraméterrel lehetett leírni a modellt. A permanens dipól tér 176° -kal hajlik a forgástengelyhez, és 719 nT egyenlítői térerősséget ad. Az indukált tér pedig egy 150 km mélységben lévő, elektromosan vezető rétegben keletkezhet, amely folyékony sósvízréteg lehet.

Illés Erzsébet

Icarus, 157, 2002.

Újabb holdak az óriásbolygók körül

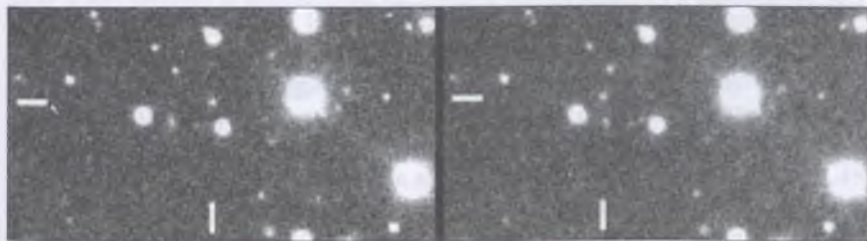
Legutóbb két éve számoltunk be a Naprendszerben felfedezett újabb holdakról¹. Azóta 37 új hold felfedezését jelentették be. Jelenleg 128 jelöléssel ellátott kísérőt tartanak nyilván, de ezek közül a Voyager – 2 felvételein azonosított *S/1986 U 10*-et megerősítés hiányában nem ismerik el tényleges felfedezésnek, és a Jupiter körül 2000-ben talált *S/2000 J 11*-et a következő szembenállás alkalmával nem sikerült megtalálni. A frissen felfedezett 37 hold közül eddig 16-ot sikerült legalább két évben megfigyelni (*A Naprendszer új holdjai* című táblázat a táblázatos részben), így jelenleg 105, megerősítettnek tekinthető holdat ismerünk a Naprendszerben, de számos 2003-as felfedezésnél még lehetőség sem volt az ismételt észlelésre.

1. *Csillagászati évkönyv 2002*, 166. o.

Jupiter

Az IAU illetékes bizottsága 2002 végén elnevezte azt a 11 holdat, melyet 1999-ben és 2000-ben fedeztek fel. A kísérők végleges adatai *A Naprendszer újabb holdjai* című táblázatban olvashatók.

A 2001/2002-es láthatóság alatt a S. S. SHEPPARD vezette kutatócsoport a 3.61 m-es *Canada – France – Hawaii távcsövel* (CFHT) 11 holdat (*S/2001 J 1 – S/2001 J 11*) talált az óriásbolygó körül, majd a 2002/2003-as oppozíció idején 17 újabb égitesten (*S/2002 J 1, S/2003 J 1–S/2003 J 15, S/2003 J 20*) akadt meg a kutatók szeme, ám ezúttal a CFHT mellett a 8.3 m-es *Subaru teleszkópot* is bevonták a keresésbe. Ugyanebben az időben B. GLADMAN és csapata szintén talált négy holdat a CFHT képein (*S/2003 J 16 – S/2003 J 19*), így 2003. február 5 – 9. között 20 ismeretlen kísérőt sikerült azonosítani a Jupiter körül. Mind a 32 égitest igen kicsi, fényességük $22^m5 - 24^m$, átmérőjük 1 – 4 km közötti, és egy kivételével (*S/2003 J 20*) retrográd irányban járák körül a bolygót. Az új holdak mindegyike kapcsolható a 20. század első felében felfedezett, viszonylag nagyobb méretű, irreguláris holdakhoz, vagyis ez a rengeteg kísérő néhány befogott égitest feldarabolódásával keletkezett. A direkt irányba keringő, kb. 4 km-es *S/2003 J 20* hold 55° -os pályahajlása a legnagyobb az ismert Jupiter-holdak között. Jelenleg kereken 60 holdat ismerünk a Jupiter körül.



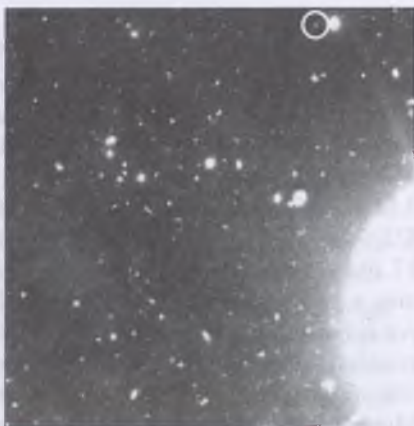
1.6. ábra. A 22^m fényes *S/2001 J 3* jelű Jupiter-hold a 2001. december 9-i felfedező felvételpáron. Az $50 \times 90''$ méretű képek 36 perc időkülönbséggel készültek

Szaturnusz

A Sheppard vezette csoport a gyűrűs bolygó körül mindössze egyetlen holdat talált a Subaru távcsövel, 2003. február 5-én. A $24 - 24^m5$ fényességű hold átmérője 7 – 8 km. Kb. 1000 napos periódussal, retrográd irányba kering az ekliptikához 44° -kal hajló pályáján. JEWITT számításai szerint kb. 100 távoli Szaturnusz-hold mérete haladhatja meg a 1 km-t.

Uránusz

Igazi észlelési bravúrnak számít az *S/2001 U 1* megtalálása, amely $25^m.3$ – $25^m.5$ fényességével a leghalványabb földi felfedezésű hold. A Cerro Tololon felállított 4 m átmérőjű *Blanco-reflektor* 2001. augusztus 13-i képein fedezte fel M. HOLMAN, J. J. KAVELAARS és D. MILISAVLJEVIC, majd a már említett CFHT-vel, a Palomar-hegyi 5 m-es reflektorral és a VLT-vel november 11-ig sikerült követni. A VLT-vel 2002. szeptember 3-án és 5-én újra megtalálták a 100 milliószor fényesebb Neptunusztól pár ívpercre látszó kísérőt.



1.7. ábra. Az *S/2001 U 1* jelű hold alig látszik a 100 milliószor fényesebb Uránusz mellett. A felvétel az VLT Melipal nevű egységével készült 2002. szeptember 3-án

Neptunusz

Az Uránusznál említett kutatócsoport egy évvel később, 2002 augusztusában a Neptunusz környezetét is átvizsgálta a Blanco-reflektorral, és három új holdat fedeztek fel, így az óriásbolygók külső holdjai után 1997-ben indított vadászat során valamennyi bolygó körül sikerült további kísérőket felfedezni. A 24^m – $25^m.5$ fényes holdakat 2002 szeptemberében a VLT-vel újra megfigyelték, majd 2001-ben készült felvételeken is a nyomukra akadtak. A 30–40 km-es égitestek rendkívül messze, 20–22 millió km-re keringenek a bolygótól, keringési idejük 6–7 év. Az *S/2002 N 1* retrográd, az *S/2002 N 2* és *N 3* pedig direkt irányban járja körül a Neptunuszt. A pályák igen meredek, hajlásuk az ekliptikához mérve 40 – 60° . Minden bizonnyal itt is befogott holdakról van szó.

Sárneczky Krisztián

Minor Planet Circular és *IAU Circular* számok;
Nature, 2003. május.

A Plútó légkörének hőmérséklete

A Plútó kis mérete és szögsebessége miatt ritkán fordul elő, hogy egy csillag előtt vezet el égi útja. Egy csillagfedés értékes információk gyűjtésére ad alkalmat. A csillag fénye ugyanis a fedés kezdetén és végén a bolygó légkörén halad keresztül, és információt hoz annak állapotáról. A Plútó csillagfedését eddig csak 1988-ban figyelték meg, ennek során fedezték fel ritka légkörét. Ez a légkör nitrogénből áll, nyomokban kevés metánnal és szén-dioxiddal. A felszíni légnyomás a földinek mindössze 50 milliomod része.

2002-ben öt hét különbséggel két csillagfedés is bekövetkezett. A júliust Dél-Amerika közepéről lehetett látni, akkor a Plútó árnyéka elkerülte a nagy távcsöveket, így csak két hordozható távcsővel tudták megfigyelni Peru és Chile határán. Az augusztusi fedés azonban sok nagy obszervatóriumot is érintett, így pontos és értékes megfigyelési anyag gyűlt össze. Az eredményeket a két megfigyelőcsoport vezetője, J. L. ELLIOT és B. SICARDY az Amerikai Csillagászati Egyesület Bolygókutató Csoportjának 2002. októberi találkozóján mutatta be. Úgy találták, hogy a felszíni légnyomás háromszorosára nőtt, a hőmérséklet pedig 2° -kal lett magasabb az 1988-ban észlelthez képest.

Miután 1988 és 2002 között nem volt mérés, természetesen nem tudjuk, hogy a két észlelés között hogyan változott a hőmérséklet és a légnyomás. Azt mindenesetre megfigyelték, hogy az elmúlt években a bolygó felszíne sötétebb lett.

A Plútó 1989-ben haladt át pályája perihéliumán, de úgy tűnik, a hőháztartása szempontjából a beérkező napfény mennyisége nem annyira meghatározó, mint korábban gondolták. Az azóta bekövetkezett melegedés oka ma még ismeretlen. Feltevések szerint okozhatja az előbb említett sötétebb felszín, amely több napfényt nyel el. Egy másik lehetőség az, hogy szezonális okok miatt elillant a felszínről valamilyen jég, ami addig visszaverte a napfényt. Az alóla kibukkanó sötétebb anyag pedig jobban felmelegszik, és mélyebbre vezeti a hőt. A melegedés lehet annak a következménye is, hogy az északi félgömbön most tavasz van, emiatt az északi pólus jege szublimált. Egy további lehetőség a felszín anyagának hőtehetetlensége, amely miatt ilyen nagy késéssel jelentkezik a perihéliumkor várt hőmérsékleti csúcs.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2003. január.

Kisbolygó a földpályán belül

Sok éves sikertelen keresés után 2003. február 11-én a kutatók végre megtalálták az első olyan kisbolygót, melynek pályája teljes egészében a földpályán belül húzódik. D. THOLEN már 1998-ban is talált egy gyanús égitestet a Mauna Keán felállított 2.24 m-es reflektorral, de a 22^m fényes, háztömb méretű kisbolygót nem sikerült elegendő ideig követni, így pályája nem ismert pontosan. Az *Apoheles* kisbolygócsalád első tagját végül a teljesen automatizált *Lincoln Near Earth Asteroid Research* (LINEAR) keretében azonosították. A 2003 CP20 jelű, 17^m2 fényes, kb. 2 km átmérőjű égitest a felfedezése idején mindössze 73"-ra látszott a Naptól, és a számítások szerint a Földről 76"-nál nagyobb elongációban sosem láthatjuk. Az aszteroida aphéliumtávolsága 0.980 AU, vagyis mindig a 0.983 AU napközelpontú földpályán belül tartózkodik. Perihélium-távolsága 0.502 AU, keringési ideje 0.66 év, pályahajlása 25°, ezért soha nem kerülhet 0.19 AU-nál közelebb bolygónkhoz, a Vénuszt azonban 0.05 AU-ra is megközelítheti.

Sárneczky Krisztián

Minor Planet Electronic Circular, 2003 – C63;
IAU Circular, 8072.

Óriás Kuiper-objektumok

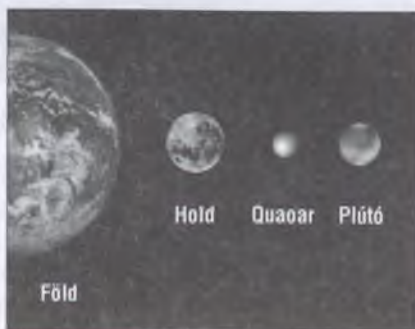
A Neptunuszon túl eddig felfedezett mintegy 900 Kuiper-objektum méretdeloszlása azt jelzi, hogy számos, 1000 km körüli méretű égitestnek is léteznie kell az övezetben. Az első ilyen égitest, a 900 km-es *Varuna* felfedezéséről két éve adtunk hírt², azóta viszont egy új kutatóprogramnak köszönhetően ugrásszerűen megnőtt az ismert, óriás Kuiper-objektumok száma. A *Near Earth Asteroid Tracking* (NEAT) az egyik legrégebben indított, földsúroló kisbolygókat kereső program, 2001 augusztusában használatba vette az 1.22 m-es Palomar-hegyi Schmidt-teleszkópot, amelybe három 4080 × 4080-as CCD került. A nagy fénygyűjtőképesség miatt 2.5 perces expozícióval, 21–22^m-ig tudják rögzíteni a csillagokat, ám ami ennél is lényegesebb, hogy a rövid fókusz és a három nagyméretű detektor miatt egyszerre 3.8 négyzetfokos terület tudnak felvenni. Így a határfényesség/terület arányt tekintve ez a leghatékonyabb kisbolygókereső távcső.

2. *Csillagászati évkönyv 2002*, 174. o.

1.1 táblázat. A legnagyobb Kuiper-objektumok (A). a = fél nagytengely (AU), q = perihéliumtávolság (AU), i = pályahajlás, P = keringési idő (év),

Név	a AU	q AU	i °	P év
Plútó	39.799	29.673	17,14	248
Charon	39.799	29.673	17.14	248
(20000) Varuna	43.274	40.874	17.13	285
(28978) Ixion	39.293	29.639	19.69	246
(50000) Quaoar	43.191	41.648	7.99	284
(55565) 2002 AW197	47.520	41.426	24.31	328
(55636) 2002 TX300	43.186	37.966	25.90	284
(55637) 2002 UX25	42.708	36.519	19.45	279
2002 TC302	55.655	39.998	35.05	415
2003 AZ84	39.730	32.783	13.55	250

C. TRUJILLO és M. BROWN (California Institute of Technology) az első kisbolygóikat 2001 decemberében azonosították a NEAT felvételein, és 2003 májusában már 17 Kuiper-objektum és 2 kentaur megtalálása fűződött a nevükhöz. Ezek fényessége $18^m.6$ – $21^m.8$ közötti. Legjelentősebb felfedezésük a 2002. június 4-én megtalált égitest, a 2002 LM60, melynek fényessége a 43.4 AU naptávolság ellenére $18^m.6$ volt. A HST-vel felvett képek alapján, a később Quaoar névre keresztelt égitest látszó átmérője $0''.04$, ami 1300 km-es tényleges átmérőt jelent. Így a Plútó után ez a második legnagyobb égitest a térségben. Meg kell említeni még a 2001 KX76 jelű kisbolygót, melyet még 2001 májusában, „klasszikus” módszerrel kutatva fedezett fel J. J. ELLIOT (Massachusetts Institute of Technology) és L. H. WASSERMAN (Lowell Observatory). A Deep Ecliptic Survey elnevezésű program a Cerro Tololon és a Kitt Peaken felállított 4.01 m-es reflektorokat és a rájuk szerelt 8192×8192 képelemes mozaik CCD-eket használja, melyekkel eddig majdnem 300 távoli égitestet fedeztek fel. A $36' \times 36'$ -es látómezőben 5 perces expozíciókkal 24^m -ig tudnak keresni. Az $19^m.6$ – $19^m.8$ fényes, később Ixion névre keresztelt 2001 KX76 átmérője 1065 ± 165 km.



1.8. ábra. A Quaoar mérete néhány naprendszerbeli égitesthez képest

I.1 táblázat. A legnagyobb Kuiper-objektumok (B).
 $M = V$ abszolút fényesség (m), $d =$ átmérő (km)

Név	M_m	albedó	d km	felfedező
Plútó	-1	0.6	2320	Tombaugh
Charon	+1	0.4	1270	Christy
(20000) Varuna	3.7	0.07	900	McMillan (Spacewatch)
(28978) Ixion	3.2	0.09	1065	Deep Ecliptic Survey
(50000) Quaoar	2.6	0.12	1300	Trujillo & Brown
(55565) 2002 AW197	3.3	0.1	890	Trujillo & Brown
(55636) 2002 TX300	3.3			NEAT
(55637) 2002 UX25	3.6			Descour (Spacewatch)
2002 TC302	3.7			Trujillo & Brown
2003 AZ84	4.0			Trujillo & Brown

A táblázat A részének adataiból is látható, hogy a legnagyobb Kuiper-objektumok az átlagosnál jóval nagyobb hajlású pályákon mozognak, ami nem könnyíti meg felfedezésüket, hiszen hatalmas területet, az ekliptikától távoli vidékeket is fel kell térképezni, hogy a számítások szerint még több tucatnyi óriás Kuiper-objektumot megtalálják. Az átlagosnál nagyobb pályahajlás természetes fejlődési folyamat eredménye, hiszen az ősi, nagyméretű égitestek a fősíktól távoli, kisbolygókból szegényebb tartományokban tudták elkerülni a veszélyes ütközéseket.

Sárneckzy Krisztián

Minor Planet Circular és IAU Circular számok;
www.boulder.swri.edu/ekonews.

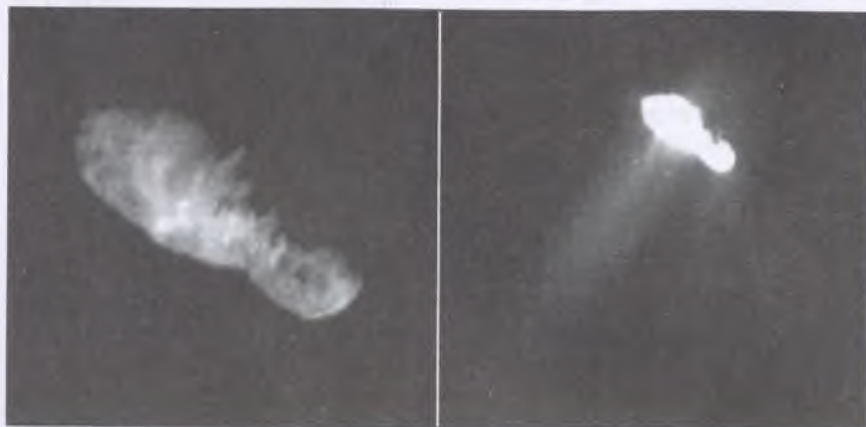
A Deep Space 1 a Borrelly-üstökösnél

A 19P/Borrelly-üstökös a Jupiter-család tagja. Keringési ideje 6.86 év, pályahajlása 30° , perihéliumtávolsága 1.358 AU. Valószínűleg a Kuiper-övből származik, s így űrszondás vizsgálatával a másik üstökösforrásból származó üstökös tanulmányozására is sor került. A Halleyt, az első űrszondával megvizsgált üstököst ugyanis inkább az Oort-felhőből származónak tekinthetjük.

A Deep Space 1 űrszonda 2170 km-re közelítette meg a Borrelly-üstököst 2001. szeptember 22-én, 8 nappal a perihéliumátmenete után. Látható fényben 52, infravörösben 45 képet készített róla. A legjobb felbontás 50 m körüli.

A Borrelly és a Halley között sok közös vonást tártak fel a mérések, de sok különbséget is. Abban hasonlóak, hogy alakjuk szabálytalan és felszínük na-

gyon sötét. A por nem az üstökös teljes felületén áramlik ki, hanem legfeljebb a felszín 10%-áról, erős kilövellések formájában. Megfigyeltek legyezőszerűen szétáramló és erősen irányított poráramokat is. A Borrelly két különösen éles kilövellése közül az egyiket a magtól mintegy 100 km távolsáig lehetett követni.



1.9. ábra. A Borrelly-üstökös magja (balra) és porkilövellései (jobbra)

A Borrelly magja kb. 8 km hosszú, forgási periódusa 26 óra. Felszínén síma és egyenetlen területek is vannak. 200 m-nél kisebb krátereknek nem látni nyomát, ami fiatal, aktív felszínre utal. Az egyenetlen területeken hasonló méretű, kerek horpadások látszanak. Ezek nem becsapódásos kráterek lehetnek, hanem az illó anyag szublimációja után a felszín berogyásával keletkezhettek. Az üstökös hossz tengelyére merőlegesen, egymással párhuzamosan futó gerincek és repedések sora látható. Ez arra utal, hogy a mag — még valószínűleg a keletkezése idején, esetleg később, a bolygókkal való gravitációs kölcsönhatás során — bonyolult összenyomási és tágulási folyamatokon mehetett keresztül. A mag sajátosságai azt bizonyítják, hogy több test összeállásából jött létre.

Az üstökös kutatásban az inaktív mag felszínére általában 4% albedót feltételeznek. A Borrelly átlagos albedója ezt alátámasztja, de albedó a felszín különböző részein erősen eltérő. Vannak kifejezetten sötét foltok, ahol a fényvisszaverő képesség mindössze 1%. Ezek a sötét foltok nem megvilágítási hatások vagy árnyékfoltok, hanem valóban kisebb albedójú területeknek tűnnek. A visszavert fény mennyisége attól is függ, hogy a vizsgált felszín milyen beesési szögben kapja a napfényt, és milyen irányból mérjük a visszavert sugárzást. A Borrelly felületének ez a fázistól függő viselkedése a külső Naprendszer

sötét anyagaira emlékeztet. Olyan, mint az *Uránusz-gyűrűk*, a *Iapetus* sötét felszíne, vagy a *C típusú kisbolygók*, például a *Mathilde* felszíne.

Az infravörös mérések forró (72°C), száraz felszínre utalnak, ahol víznek még hidratált szilikátok formájában sincs nyoma. Ez azzal magyarázható, hogy a periodikus üstökös külső rétege a sok perihélium-átmenet során szinte teljesen elvesztette illóanyag-tartalmát.

Illés Erzsébet

Science, 2002. május.

Újfajta bazaltos meteorit

A Szaharában nemrégiben talált 40 g össztömegű *NWA011* nevű meteorit a bazaltos kőmeteoritok új típusát képviseli. Ellentétben az eddig talált összes bazaltos összetételű meteorittal, amelyek mind egyetlen kisbolygó – a *Vesta* – darabjai, ebben a meteoritban az oxigénizotópok aránya teljesen más. Az *NWA011* tehát egy ismeretlen, differenciálódott bolygótestből származik.

Eddig is feltételezték, hogy a Naprendszer keletkezése idején sok aszteroida elég nagyra fejlődött ahhoz, hogy differenciálódjék, és vulkanizmus alakuljon ki benne, de az *NWA011* már bizonyítja is, hogy valóban több ilyen létezett.

H. PALME, a kölni egyetem geokémikusa azt is felveti, hogy az *NWA011* esetleg a *Merkúr*ról származik, ami azért lenne nagyon érdekes, mert a *Merkúr* az egyetlen a Föld típusú bolygók közül, ahonnan még nincs anyagmintánk.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope, 2002. szeptember;

Science, 2002. április.

Exobolygó-hírek

A Naprendszeren kívüli, más csillagok körül keringő bolygók (extraszoláris vagy exobolygók) kutatása továbbra is az asztrofizika egyik legérdekesebb és leggyorsabban fejlődő területe. A tavalyi évkönyvben megjelent összefoglalás³ óta is sok újdonság van.

3. SZATMÁRY K.: Bolygók más csillagok körül. *Csillagászati évkönyv 2003*, 204. o.

Új felfedezések

A spektroszkópai módszerrel felfedezett bolygók száma lényegesen nem változott, 110 körüli. A csillaguk előtt elvonuló bolygók által okozott fényességcsökkenés azonban egyre több esetben gyanítható. Az *OGLE-III* program megfigyelései során 59 csillagnál találtak kismértékű, periodikusan visszatérő elhalványodást. Egy amerikai kutatócsoport megvizsgálta ezeknek az objektumoknak a színeképét, hogy eldöntsék, vajon valóban bolygó okozza-e a jelenséget. Csupán egy esetben, az *OGLE-TR-56* jelű csillagnál olyan a radiális sebesség változásának periódusa és amplitúdója, amely egybevág a fénycsökkenésekkel, és egy körülötte keringő bolygóval magyarázható. A bolygó rendkívül közel van a csillagához, 0.023 AU sugarú pályán, alig 1.2 nap alatt kerüli meg. Becsült felszíni hőmérséklete 1900 K. Tömege 0.9-szerese, sugara 1.3-szerese a Jupiterének, így csak 0.5 g/cm^3 a sűrűsége. Érdekesség, hogy eddig ez a legtávolabbi (5000 fényévre lévő) exobolygó.

Kicsit később az *ESO VLT* spektroszkópai mérései alapján az *OGLE-TR-3* Nap típusú csillagról is kiderült, hogy a fedési fénycsökkenések ütemében változik a radiális sebessége, amit egy bolygó okozhat. A keringési idő az eddigi legrövidebb, 1.19 nap. A forró bolygó $0.5 M_J$ tömegű, sűrűsége csupán 0.25 g/cm^3 . Több szakértő szerint ezek a bolygók a csillagtól távolabb alakultak ki, de fokozatosan közeledtek hozzá, és a jövőben akár bele is olvadhatnak a központi égitestbe.

Már korábban ismert volt, hogy a *HD 209458* jelű, Nap típusú csillaghoz is nagyon közel, 7 millió kilométerre kering egy forró bolygó, 3.5 napos periódussal. A csillag korongja előtti áthaladás során a *Hubble-űrtávcsővel* újabban sikerült kimutatni, hogy a bolygó körül egy nála háromszor nagyobb kiterjedésű, elnyúlt hidrogéngáz burok van, amelyet a magas hőmérséklet miatt a bolygó légköréből „elpárolgó” gáz alkot. A csillagszél a csillaggal ellentétes irányba fújja a gázt, és egy gigantikus üstököshöz hasonló csóva alakul ki. A bolygó másodpercenként mintegy 10 000 tonna anyagot veszít, és lehet, hogy a folyamat végén a bolygónak csak a csupasz kőzetmagja marad meg (ha van neki).

A „forró Jupiterek” csoportja kibővült a *HD 73256* csillag bolygójával. A svájci kutatócsoport La Silla-i (Chile) spektroszkópai mérései szerint a legalább $1.85 M_J$ tömegű bolygó 2.55 naponként kerüli meg csillagát, a nappali oldalán 1500 K lehet a hőmérséklet.

Az ESO egyik új felfedezése a majdnem 400 fényévre lévő *HD 47536* bolygója. A csillag K1III színképtípusú óriás, amely 23.5-szer nagyobb a Napnál. A csillag színképvonalainak Doppler-eltolódása alapján egy $5-10 M_J$ tömegű óriásbolygó kering körülötte, 712 napos periódussal, 1.6–2.3 AU fél nagyten-

gelyű, 0.2 excentricitású pályán. A csillagfejlődési elméletek szerint a központi égitest néhány tízmillió év múlva annyira felfűvődik, hogy elnyeli egyik bolygóját.

A *Gliese 876* vörös törpecsillag, amelynek két bolygója van, 30 és 61 napos keringési periódussal. A Hubble-űrtávcsővel kimutatták, hogy az egyik bolygó pályásíkja majdnem a Naprendszeren halad át, így a bolygó tömegét aránylag pontosan meg lehetett határozni ($1.9 - 2.4 \mathcal{M}_3$).

A megfigyelések időtartamának növekedésével lehetővé válik a több éves periódusú, csillagától távol keringő bolygók felfedezése is. Az angol – ausztrál kutatócsoport a τ^1 Gruis csillag látóirányú sebességének változásából egy legalább $1.23 \mathcal{M}_3$ tömegű bolygót talált, 1326 napos keringési periódussal, 2.6 AU fél nagytengelyű és 0.14 excentricitású pályán.

A *PSR 1257+12* pulzár bolygóit 1991-ben fedezték fel a pulzár rádióimpulzusai közötti időtartam periodikus változása alapján. A 305 méter átmérőjű areciboi rádióteleszkóppal azóta is figyelemmel kísérik a rendszert. A két nagyobb bolygó középmozgása között rezonancia van, keringési idejük közel 2:3 arányú (66.5 és 98.2 nap). A tömegüket sikerült a korábbinál pontosabban meghatározni (4.3 ± 0.2 illetve $3.9 \pm 0.2 \mathcal{M}_{\text{Föld}}$). Pályahajlásuk $53^\circ \pm 4''$ illetve $47^\circ \pm 3''$, azaz majdnem egy síkban keringenek. Mindez azt a feltételezést erősíti meg, hogy a bolygók a pulzár körüli anyagkorongból jöttek létre. A legbelső, a Holdnál alig nagyobb tömegű harmadik bolygó körpályán kering, 25.3 napos periódussal.

Bolygók a lakható zónában

Különösen sok tanulmány született az utóbbi időben arra vonatkozóan, hogy van-e stabil bolygó a csillagok körül a lakható zónában (LZ). Ez az a gyűrű alakú térrész, ahol a csillag fényteljesítménye hatására az ottani bolygón olyan a hőmérséklet, hogy a víz folyékony állapotban lehet. Bár a folyékony víz általános értelemben nem feltétlenül szükséges az élet kialakulásához, a földi típusú evolúció azonban ezen alapul. A lakható zóna közepén a körpályához tartozó T_{LZ} keringési idő közelítőleg:

$$T_{\text{LZ}}/T_{\text{Föld}} = (\mathcal{M}/\mathcal{M}_{\odot})^{7/4},$$

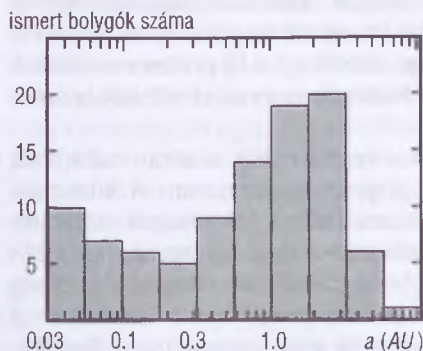
ahol $T_{\text{Föld}}$ a Föld keringési ideje, \mathcal{M} a csillag és \mathcal{M}_{\odot} a Nap tömege. Főszorozati törpe csillagok esetén a zóna belső határán a keringési idő a T_{LZ} 0.7-szerese, a külső határán kétszerese.

Az eddig felfedezett bolygók némelyike a lakható zónában helyezkedik el, de túl nagy tömege miatt nem hasonlíthat a Földhöz. Égi mechanikai szempontból is érdekes azoknak az exobolygórendszereknek a vizsgálata, melyek-

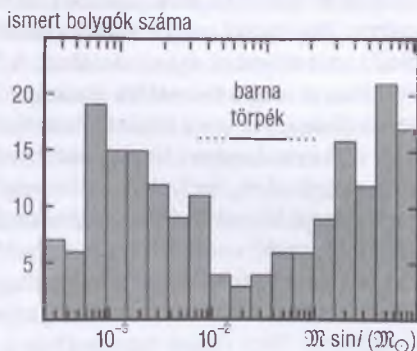
nél a csillaghoz közeli vagy távoli, nem a lakható zónában lévő óriásbolygó található. Kiszámítható, hogy mennyire lenne stabil a pályája a lakható zónában egy Föld típusú bolygónak az óriásbolygó zavaró hatása mellett. Ilyen problémákat hazai csillagászok is sikerrel elemeztek⁴.

Statisztikai vizsgálatok

Száznál több exobolygó adatait ismerve már statisztikákat is lehet készíteni. Például mintegy 1000 darab, 30 pc-nél közelebbi, Nap típusú csillag vizsgálata során talált 97 bolygó pálya-félnagytengelyének eloszlását felrajzolva (1.10. ábra) látható, hogy 0.3 AU közelében minimum van, míg a legtöbb bolygó félnagytengelye 0.5 és 3 AU közé esik.



1.10. ábra. Az exobolygók pályaméretének eloszlása (<http://exoplanets.org>)



1.11. ábra. A „barna törpe sivatag”

A Nap típusú csillagok spektroszkópiai úton kimutatott kísérő égitestjeinek tömeg szerinti eloszlása (1.11. ábra) azt mutatja, hogy sok a bolygó, sok a kis tömegű csillag, de a néhány század naptömegnél, a barna törpék tartományában alig van néhány objektum. Ezt hívják *barna törpe sivatagnak*⁵.

Szatmáry Károly

astro-ph, 0304248, 0305111, 0305536;

Nature, 2003. január;

ESO Press Release, 2003/3, 2003/9.

4. ÉRDI BÁLINT, SÁNDOR ZSOLT, PÁL ANDRÁS, ELTE Csillagászati Tanszék, *Természet Világa* 2003/6.

5. *Csillagászati évkönyv* 2003, 189. o.

Nap típusú rezgések más csillagokban

A csillagok igen nagy hányada mutat időben többé-kevésbé stabil sajátrezgéseket, ezek a pulzáló változócsillagok. A ciklikus sugár- és hőmérséklet-változások következtében fényesség- és/vagy színképi változásokat figyelhetünk meg. A klasszikus pulzáló változócsillagok (pl. δ Scuti, RR Lyrae, cefeida, Mira változók) kutatása mellett az utóbbi évek robbanásszerű fejlődést hoztak a Nap típusú oszcillációk területén. Központi égitestünkben az állandóan jelen levő konvekció rezgési állapotok (módusok) millióit gerjeszti; Napunk a forrásban levő vizet tartalmazó fazék fedőjéhez hasonlóan folyamatos rezgéseket végez, melyek részben felületi hullámoknak, részben pedig a belső tartományokon is áthaladó állóhullámoknak tekinthetők. Tanulmányozásukkal éppen ezért a Nap belső szerkezetéről (hőmérséklet- és sűrűségviszonyok, belső rotáció) szerezhetünk információkat. A Nap esetében 3–15 perces oszcillációk figyelhetők meg a fotoszféra látóirányú sebességében, és az elmúlt két évtizedben felfedezések sora köthető hozzájuk.

A szakirodalomban Nap típusú oszcillációknak nevezik az olyan csillapított csillagrezgéseket, melyeket a konvekció gerjeszt folyamatosan. A konvektív energiaterjedés során forró gázbuborékok emelkednek fel, anyaguk szétáramlik, kihűl, majd visszasüllyed a mélyebb rétegekbe. A gázanyagnak ez a ciklikus mozgása rezgeti be az adott csillag felszíni és mélyebb rétegeit, a jelenség természetéből adódóan zajszerű gerjesztés alakjában. Ezért a Napban és a tetszőleges, Nap típusú rezgésekben a pulzációk csak statisztikusan állandók, egy-egy rezgési állapot gerjesztése időben nagyon változó. A pulzációk asztrofizikai magyarázata (ez az asztroszeizmológia feladata) ennek megfelelően rendkívül összetett probléma.

Megfigyelési szempontból további nehézség, hogy a Nap típusú rezgések a csillag mérhető jellemzőiben csak parányi változásokat okoznak. A Nap esetében könnyebb ezeket kimutatni, mert a napkorong kis területét is kellően nagy felbontással tudjuk vizsgálni. Más csillagoknál azonban mai műszereinkkel nem vagyunk képesek felbontani a korongon belüli mozgásokat, hanem csak összegzett, átlagos hatásuk vizsgálható. Már az 1980-as években megjósolták, hogy azokban a csillagokban, melyeknek konvektív zónája legalább akkora, mint a Napé, fel kell lépniük Nap típusú rezgéseknek. A megfigyelési nehézségek miatt azonban e rezgések jelenlétét csak a legutóbbi években tudták megbízhatóan kimutatni.

Más csillagokban jelenleg három módszerrel vizsgálják a kis amplitúdójú, Nap típusú rezgéseket. Első a spektrumvonalak Doppler-eltolódásának kimérése. Az áttörés az 1990-es évek elején történt, amikor az exobolygók kimutatására új, rendkívül pontos sebességmérési módszereket fejlesztettek ki. Egy

másik lehetőség a fényességmérés, ez azonban a földi légkör alól gyakorlatilag teljesen reménytelen, mivel a Nap típusú rezgések fotometriai amplitúdói az ezred magnitúdós mértéket sem érik el (legalábbis a Naphoz hasonló csillagokban). A tervek szerint közeljövőben több fotometriai műhold is Föld körüli pályára áll, melyek asztroszeizmológiai méréseket és exobolygó-kutatást is fognak végezni (MOST, COROT, Eddington). Végül a harmadik lehetőség olyan spektrumvonalak intenzitásának mérése, amelyek nagyon érzékenyek a rezgések által előidézett hőmérséklet-változásokra. Eddig a legtöbb eredmény az elsőként említett sebességmérési módszerekhez kötődik.

Az utóbbi tíz évben a következő csillagokban sikerült kimutatni Nap típusú rezgéseket: α CMi (Procyon), η Boo, β Hyi, ζ Her A, δ Eri, α Cen A és B, v Ind, ξ Hya, α Boo (Arcturus), α UMa. Ezek többsége a Naphoz hasonlóan G színképtípusú, a maradék vagy forróbb (Procyon, F típus), vagy hidegebb (δ Eri, α Boo, α UMa, K típus). A körvonalazódó kép a következő. A legfontosabb eredmény, hogy az elméleti jóslatoknak megfelelően a konvekció tényleg gerjeszt sajátrezgéseket más csillagokban is. Az oszcillációk amplitúdója viszonylag jól egyezik a számításokkal, kivétel az F típusú Procyon, amely jóval kisebb amplitúdókat mutat. A mért frekvenciaspektrumok hasonlítanak a modellekhez, de az egyezés még közel sem tökéletes. A rezgések frekvencia-eloszlásából elvileg kiszámolható a hőmérsékletnek, a sűrűségnek és egyéb jellemzőknek a csillagon belüli változása (szeizmikus inverzió módszere), ehhez azonban a tervezett űrbéli mérések pontossága és folyamatossága szükséges. Így a jövőben is izgalmas új eredmények várhatók a fősorozati és a szubóriás csillagok Nap típusú oszcillációival kapcsolatban.

Kiss László

Publications of the Astronomical Society of Australia, preprint (2003).

Ólom csillagok légkörében

Mai tudásunk szerint a stabil atommagoknak mintegy fele a Hertzsprung–Russell-diagram aszimptotikus óriáságán levő $0.8-8 M_{\odot}$ tömegű csillagokban jön létre. A csillag belsejében levő vas neutronokat fog be, ez az s-folyamat, amely a periódusos rendszer nehéz elemeinek (ólom, bizmut stb.) kialakulásához vezet. A csillagfejlődésnek ebben a szakaszában sajátos keveredés zajlik a csillagok belsejében, amit az asztrofizikusok *harmadik felkeveredésnek* is szoktak nevezni: a hidrogént égető konvektív burokból protonok jutnak le a mélybe, ahol a hélium alakul át szénné. Az itt lévő sok szén lehetővé teszi a $^{12}\text{C}(p, \gamma)^{13}\text{N}(\beta)^{13}\text{C}(\alpha, n)^{16}\text{O}$ reakciót (az egyes lépések: protonbefogás

és fotonkibocsátás, béta-bomlás, alfa-részecske befogás és neutron kibocsátás). Az utolsó lépésben keletkező neutronok adják az *s*-folyamathoz, a nehéz elemek felépüléséhez a bombázó neutronokat. Az így keletkezett nehéz atommagok az intenzív keveredés miatt folyamatosan fölfelé diffundálnak, egészen a légkörig, majd onnan az erős csillagszél kiviszi őket a csillagközi anyagba is.

Az *s*-folyamatban keletkező, közbülső atommagok folyamatosan termelődnek, de fogynak is, miközben még nehezebb elemmé alakulnak. A folyamat végtermékeit jelentő nehéz atommagok viszont felszaporodnak ezekhez a közbülső magokhoz képest. Ha ez az elméleti modellekből leszűrt kép igaz, akkor kell lenniük olyan – egyébként fémiszegény – csillagoknak, amelyek légkörében az ólom anomálisan gyakori a vashoz és az *s*-folyamat közbülső atommagjaihoz képest, a közbülső magoknak a vashoz viszonyított gyakorisága pedig éppen akkora, amekkorát az *s*-folyamat elmélete jósol. Az ilyen csillagokat el is nevezték Pb-csillagoknak, és megindult utánuk a kutatás.

Az ESO 3,6 méteres távcsövével sikerült a közelmúltban felfedezni három Pb-csillagot (*HD 187861*, *HD 196944*, *HD 224959*). A megfigyelések csak egy szűk hullámhossztartományt öleltek fel (4057–4061 Å), amelyben az ólom vonalai mellett a Mg, Fe, Mn, Nd, Ce és CH vonalai vannak. Ez a három csillag az összes előbb említett feltételt teljesíti, és légköri elemgyakoriságaik határozottan különböznek azon csillagokéitól, amelyekben szintén termelődik ólom, de más termonukleáris folyamatok által. Egyébként mindhárom csillag fémiszegény. A felfedezés jelentősége nemcsak az, hogy az ólom nukleoszintézisének részleteiről kaptunk tisztább képet. Mivel az ólom a tórium radioaktív bomlásának végterméke, újabb fontos információt nyertünk a Th–Pb radioaktív óra kalibrálásához. Emellett megfigyelési bizonyítékot kaptunk az *s*-folyamatban keletkező ólom létezésére is, vagyis az ólom nemcsak a tórium bomlásából keletkezhet, és ezt a számításoknál fontos figyelembe venni.

Barcza Szabolcs

Nature, 2001. augusztus.

Óriás Herbig–Haro-objektumok

A *Herbig–Haro-objektumok* (HH-objektumok) kicsi, majdnem csillagszerű fénylő foltok a csillagkeletkezési területeken. Első képviselőik felfedezése idejében úgy vélték, hogy ezek a kis ködök Nap típusú csillagok, életük legkorábbi szakaszában. Később kiderült, hogy mégsem fiatal csillagok, hanem a csillagkeletkezés legfeltűnőbb kísérőjelenségének, a kétirányú csillagszélnek a látható megnyilvánulásai. Ott alakulnak ki, ahol a születő csillag körül gyorsan forgó tömegbefogási korongról nagy sebességgel kirepülő részecskék összeüt-

köznek a csillagot beágyazó sűrű felhő molekuláival. Az ütközés által gerjesztett gázmolekulák látható fény kisugárzásával adják le energiátöbbletüket.

Az ismert HH-objektumok száma több mint 500. A Hubble-űrtávcsővel páratlanul részletes képek készültek néhány közeli, elsősorban a *Taurus* és *Orion* molekulafelhőkben található objektumról. A kilencvenes évek közepén érdekes új osztályukat fedezték fel: az óriás Herbig–Haro-objektumokat. Az 1.12. ábrán látható HH 111, az egyik legnagyobb kiterjedésű képviselőjük, amely több mint 7 pc hosszan, egyenes vonal mentén sorakozó, különböző fényességű és méretű csomók sorozatából áll. Régebbi, nagy látószögű fotografikus felvételeken is felfedezhetünk különösen nagy kiterjedésű kifújásokat, amelyek a gerjesztő csillagtól távolodva egyre halványodó csomókból állnak. Hosszuk több mint egy nagyságrenddel meghaladja egy átlagos csillagszülő felhőmag 0.1 pc-es méretét. Néha nem könnyű azonosítani az összetartozó ködfoltokat, amelyek az égen akár több fok szögtávolságban is lehetnek. Jelenleg 14 ilyen óriás Herbig–Haro-objektum ismert.



1.12. ábra. A HH 111 a Hubble-űrtávcső felvételén

A HH-objektumok mindkét osztálya Nap típusú csillagok keletkezése során jelenik meg. Az összeroszkodó felhő kezdetben lassú forgása bezuhanás közben felgyorsul. Amikor egy gázmolekula keringési sebessége eléri a bezuhanás sebességét, a részecske a további szabadesés helyett keringeni kezd a csillagkezdemény körül. A születő csillag egyenlítője körül sűrű, gyorsan forgó korong alakul ki. Az anyag nem gömbszimmetrikusan, minden irányból zuhog középre, hanem a korongból. A csillag sugárzása ionizálja a korong felszínét, ezért a csillag és a korong között mágneses kapcsolat létesül: a korongot és a csillagot összekötő mágneses erővonalak mentén veszi fel az anyagot a csillag. A legnagyobb impulzusnyomatékú részecskék a korong belső szélénél összetorlódó mágneses erővonalak mentén, nagyjából a korong síkjára merő-

legesen kirepülnek a rendszerből. A csillagkeletkezést kísérő erős csillagszél tehát végső soron a bezuhanó anyag gravitációs energiájából táplálkozik. Mivel létrejöttének feltétele a gyors forgás és a mágneses tér, ezt a fajta csillagszelet *magnetocentrifugális* szélnek nevezik. A szél erőssége, azaz a kilövellő anyag mennyisége annál nagyobb, minél nagyobb ütemben zuhog a csillagra az anyag. Ahol a kifelé száguldó atomok elérik a felhő sűrű anyagát, ott világitásra gerjesztik annak atomjait. A világitó tartományok a HH-objektumok. Az óriás HH-objektumok csomós szerkezete azt bizonyítja, hogy a kifújás szakaszos, időben nem állandó.

Mi lehet az oka, hogy bizonyos csillagok keletkezése óriás kifújásokat hoz létre, míg a legtöbbiké nem? Újabb megfigyelések szerint az óriás HH-objektumok létrehozásához nem elég egy magányos gerjesztő csillag. A 14 óriás HH-objektum közül 11-nek ismert többszörös rendszer a forrása. Kialakulása idején minden csillagnak létrejön a saját tömegbefogási korongja, és a többszörös rendszerekben ezek kölcsönhatnak egymással. A rendszer tagjai nagy valószínűséggel elnyúlt pályákon keringenek közös tömegközéppontjuk körül. A rendszerben eleinte a csillagokéval összemérhető tömegű gáz és por is található. Ezek a rendszerek nem stabilak, néhány keringési periódusnak megfelelő idő alatt felbomlanak. A csillagok idejük legnagyobb részét a pálya azon pontjaiban töltik, ahol viszonylag távol vannak egymástól, mivel ott kisebb a sebességük. Ezekben a hosszú, nyugodt időszakokban mindegyik a saját tömegbefogási korongjából növekszik. Előfordul azonban, hogy három csillag olyan közel kerül egymáshoz, hogy jelentősen megváltoztatják egymás mozgását, sőt további fejlődését. Korongjaik egymás gravitációs terében deformálódnak, egyik vagy másik csillag növekedése felgyorsulhat, és az is megtörténhet, hogy valamelyik (többnyire a legkisebb tömegű) csillag elhagyja a rendszert. Az ilyen találkozások alatt megerősödik a csillagszél is. Eszerint a fényes csomók eloszlása a kilövellő gázsugár mentén kapcsolatban van a gerjesztő csillagok pályaperiódusaival, a többszörös rendszer dinamikai fejlődésével. A Herbig – Haro-objektumok szerkezetéből tehát megpróbálhatjuk kiolvasni a csillagok felépülésének időbeli lefolyását.

Kun Mária

Open issues in local star formation and early stellar evolution
konferencia, 2003. április.

Fiatal csillagok infravörös kísérői

A fiatal, Nap típusú csillagok legrégebben ismert képviselője a *T Tauri* nevű, szabálytalan változócsillag. Róla nevezték T Tauri típusú csillagoknak a fő-

sorozatot még el nem ért G, K és M típusú csillagokat. Maga a T Tauri hármas rendszer. A jól ismert változócsillag az északi komponens, a *T Tauri N*, míg a déli komponens, a *T Tauri S* egy különös kettőscsillag. Kisebbik tömegű tagja, a *T Tau Sb* ugyancsak T Tauri változócsillag, míg a nagyobbik, a *T Tau Sa* optikai hullámhosszakon láthatatlan, erős infravörösforrás. Infravörös színeképe azt sugallja, hogy sokkal fiatalabb, mint látható társai, mintha akkor kezdett volna egy hideg felhőből összeállni, amikor amazok már csaknem teljesen felépültek. A látható és az infravörös komponensek közti korkülönbség látszólag nagyobb, mint a csillag felépülésének időtartama a gravitációs kollapszus kezdetétől a fősorozat előtti fejlődés kezdetéig — azaz a látható hullámhosszakon való megjelenésig. Ez ellentmondana annak a nyilvánvalónak látszó elképzelésnek, hogy a többszörös csillagok ugyanazon felhőmag gravitációs összeesése során, egyszerre keletkeznek. Az elméletek szerint az összehúzódó felhő törvényszerűen darabokra szakad, így a legtöbb felhőmagból többszörös csillagok keletkeznek. Nehéz megmagyarázni, hogy egymástól néhány csillagászati egységnyi távolságban, közös tömegközéppont körül keringő csillagok miért nem egy időben kezdtek el összeállni a csillagközi anyagból.

A T Tauri Sa nem az egyetlen infravörös kísérő, amit Nap típusú fiatal csillag mellett találtak. Az ismert, fősorozat előtti kettősök mintegy 5%-ának van láthatatlan kísérője, és a legtöbb esetben az a nagyobb tömegű.

Sokáig azt gondolták, a rejtély csak látszólagos: az infravörös égitest valójában ugyanolyan közönséges T Tauri csillag, mint társai, semmivel sem fiatalabb. Csak azért nem látszik optikai hullámhosszakon, mert a csillagkörüli felhőnek éppen egy különösen sűrű részében tartózkodik. Legújabban azonban sikerült infravörös színeképet készíteni néhány láthatatlan kísérőről, és ezekben a színeképekben nincsenek a T Tauri csillagok fotoszférájára jellemző vonalak. Úgy látszik, ezek az égitestek valódi előcsillagok, amelyeknek sugárzása a bezuhanó anyag gravitációs energiájából származik.

A rejtélyre a többszörös rendszerek dinamikai fejlődése kínál megoldást. A T Tauri három csillaga egyszerre kezdte meg a tömegbefogást, miközben egymás és a bezuhanó felhő gravitációs terében bonyolult és változó pályákon mozogtak. Lehet, hogy az északi komponens egyszer csak kilődült a felhő sűrűjéből, és mivel nem volt miből növekednie tovább, hirtelen átugrott az előcsillag-állapotból a fősorozat előtti állapotba, amelyben már nem a tömegbefogás, hanem a lassú összehúzódás a csillag fő energiaforrása.

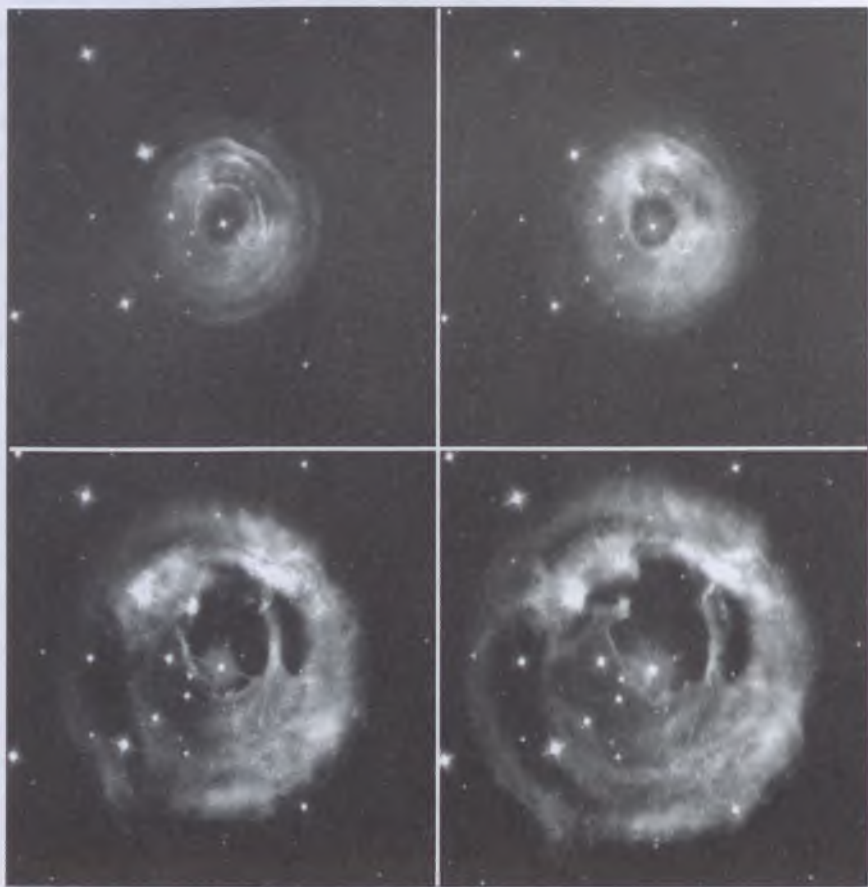
2003 elején mexikói rádiócsillagászok a T Tauri Sb mozgásának nagy pontosságú méréseiből azt a meglepő következtetést vonták le, hogy ez a csillag nem zárt pályán mozog: a T Tauri legkisebbik komponense el fogja hagyni a hármas rendszert. Az elméletek szerint a gravitációs kollapszust szenvedő csillagközi felhők 90%-ában többszörös rendszer keletkezik, ezek azonban nem stabilak, fejlődésük korai szakaszában felbomlanak. Mire a csillagok a főso-

rozatra érnek, a felhő is eloszlik a környezetükből, tömegbefogási korongjaik egy részéből pedig bolygók keletkeznek — addigra már az ismert, 50% körüli kettősségi arány alakul ki. A T Tauriban a szemünk előtt zajlik egy instabil hármas rendszer szétesése.

Kun Mária

Astrophysical Journal Letters, 2003. március;

Astrophysical Journal, 2003. május.



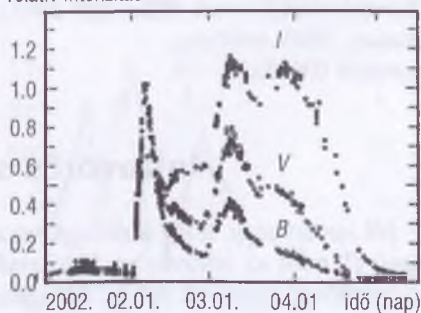
1.13. ábra. A V838 Mon és visszfénye a Hubble-űrtávcső felvételein

Egy bizarr kitörés és utóélete

A 2002. év egyik legnagyobb változócsillagászati szenzációja N. BROWN ausztrál amatőrcsillagász január 6-i felfedezésével kezdődött, amikor egy 10^m körüli csillagot talált a Monoceros csillagképben. Az időközben V838 Monocerotis elnevezést kapott objektum február elején igen gyors másodlagos kitörésen ment keresztül, amikor két nap alatt közel 5^m -t fényesedve érte el $V = 6^m.7$ maximumát. Március elején egy harmadik kitörés is lezajlott, majd egyenletesen halványodva 2002 végére érte el 16^m körüli nyugalmi állapotát. A fénygörbe alapján nóvarobbanásnak tűnő jelenségsorozat a spektroszkópiai megfigyelések szerint egy eddig ismeretlen típusú csillagrobbanás eredménye. A V838 Mon ugyanis egyáltalán nem mutatta a nóvák és szupernóvák robbanásai során kialakuló anyagledobódást, a megfigyelések alapján a korábban F típusú csillag maximumában egy K típusú szuperóriássá fúvódott föl, majd halványodása során egy M típusú óriáscsillag színeképét mutatta. A jelenség során elmaradt a *forró fázis* (sokszorososan ionizált emissziós vonalak megjelenése a színeképben), és ez kizárja mind a nóvarobbanást, mind a végső héliumhéj-fellobbanást a lehetséges magyarázatok közül. Ugyanis e két folyamat mindegyikében a vizuális maximum után nő az objektumok hőmérséklete, a V838 Mon esetében viszont nem ez történt.

A kézirat lezártakor a legvalószínűbbnek tűnő magyarázat a következő: A folyamat során megfigyelt hőmérséklet- és fényességváltozásokat olyan elméleti számítás adja vissza legjobban, amely szerint a V838 Mon kitörése két fősorozati csillag összeolvadásának következménye. A modellben egy $1.5 M_{\odot}$ és egy $0.1\text{--}0.5 M_{\odot}$ tömegű csillag egymásba olvadását számolták végig, viszonylag kevés egyszerűsítő feltevessel. Az előd objektum szoros kettőscsillag volt, fősorozati komponensekkel. Bizonyos paraméterek mellett lehetséges, hogy a nagyobb tömegű csillag fejlődésének felfúvódási szakaszában bekebelezze a másodkomponenst. Ez okozhatta az első kitörést, amely az objektum felfedezéséhez vezetett. Bő egy hónappal később olvadt össze a két csillag magja, ekkor következett be a második kitörés, a fő maximum. A harmadik kitörést anyagbefogás okozhatta. Esetleg ekkor hullott vissza az első

relatív intenzitás



1.14. ábra. A V838 Mon kitörésének fénygörbéje a kék, a sárga és a közeli infravörös tartományban

felvillanás során kidobott anyag. A másik lehetőség, hogy a rendszerhez tartozó harmadik objektumot, pl. egy távolabbi bolygót nyelt el a főkomponens. Ausztrál kutatók viszont mindhárom kitorést bolygó méretű testek elnyelésével próbálják megmagyarázni.

A furcsa fényváltozások utóélete is tartogatott meglepetéseket. A végső halványodási fázis kezdetekor fedezték fel a csillagot övező visszfényt, a robbanás által megvilágított csillagkörüli anyagot. A Hubble-űrtávcsővel szenzációs felvételeket készítettek a visszfény látszólagos tágulásáról, melyeken követhető a megvilágított térség növekedése. A HST kitűnő felbontásának köszönhetően még az is megfigyelhető volt, hogy a visszfény térbeli színeloszlása hűen követte a robbanás időbeli színváltozásait. A visszfény geometriai jellemzői a rendszer távolságának meghatározását is lehetővé tették. Az eredmények szerint a V838 Mon távolsága legalább 6 kpc, azaz vizuális abszolút fényessége a maximum idején $-9^m.6$ volt (pár hétig a Tejútrendszer legnagyobb optikai luminozitású csillagaként ragyogott!). A csillag viselkedése nagyon hasonlít az Andromeda-ködben az 1980-as évek végén felfedezett vörös változócsillagra, így lehetséges, hogy egy újfajta csillagrobbanás képviselőjét sikerült megfigyelni. Ha igazolható lesz az összeolvadásos modell, akkor a V838 Mon kitorése a csillagfejlődés nagyon egzotikus fázisát mutatta be számunkra.

Kiss László

Astronomy & Astrophysics, **389**, L51, 2002.;

Astrophysical Journal, **582**, L105 2003.;

Nature, 2003. március;

astro-ph 0303513.

Infravörös szupernóvák

Jól ismert tény, hogy a csillagközi anyag a látható fényt sokkal erősebben nyeli el, mint az infravöröst. Valószínűleg ez az egyik oka annak, hogy kevés szupernóvát fedezünk fel az extragalaxisokban, ezért már több kísérlet volt arra, hogy a szupernóvák felfedezésére irányuló programokat infravörös sávokra is kiterjesszék. Most az első sikeres felfedezésről számolunk be, amelynél spektroszkópiával is igazolni tudták, hogy tényleg szupernóvát találtak az infravörösben.

Mivel a távcsőidővel takarékosan kell gazdálkodni, olyan infravörösben fényes galaxisokat figyeltek meg, amelyekben élénk csillagkeletkezés zajlik, és ez — legalábbis elméleti modelljeink szerint — nagyobb szupernóvagyakorisággal jár együtt. Az infravörös *K* sávban felfedezett első két szupernóva: az *SN 1999gw* az *UGC 4881*-ben és *SN 2001db* az *NGC 3256*-ban. A

felfedezéskor az előbbi $K = 17^m.45$ az utóbbi pedig $K = 16^m.03$ fényes volt, és irányában az extinkció $A_V \approx 5^m.5 \pm 0^m.9$ nagyságúnak becsülhető. A V sávban a 22^m -s lemezhatárig nem látszik semmi, optikai tartományban tehát nem is fedezhették volna fel őket. Mindkét galaxis spirális, nagy infravörös fényességgel, ami a rengeteg csillagközi anyagra, porra utal.

A program tovább folytatódik, de már ebből a két felfedezésből is látszik, hogy infravörösben a szupernóvák talán tízszer gyakoribbak lehetnek, mint az optikai tartományban. Ez a módszer különösen a galaxisok magja közelében ígér sikereket, ahol az extinkció $A_V \approx 30^m$ is lehet. Talán ebben a felfedezésben rejlik a válasz arra a kérdésre is, hogy jelenleg miért találunk kevesebb szupernóvát, mint amennyi a csillagfejlődési elméletek alapján várható volna.

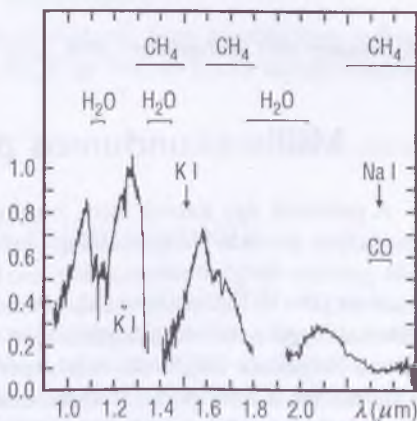
Barcza Szabolcs

Astronomy and Astrophysics, 2002. július.

A legközelebbi barna törpe

Annak ellenére, hogy a nagy égboltfelmérő programok melléktermékeként egyre bővülnek ismereteink a Nap közvetlen galaktikus környezetéről, még a 10 pc-nél közelebbi tartomány is hiányosan ismert. Az utóbbi évek felfedezései⁶ arra utaltak, hogy az említett térségben a kis tömegű és halvány csillagoknak akár 30%-a várható még felfedezésre. Különösen feltűnő a barna törpék hiánya, ugyanis legtöbb jóslat szerint a Nap körüli térségben a becsült sűrűségük kb. 0.1 barna törpe/köbparszek, ugyanakkor 10 pc-nél kisebb távolságban alig néhány tucatot ismerünk, míg közönséges csillagból 300-nál is többet. Mivel ezek az égitestek jelentik az átmenetet a bolygók a csillagok között, előfordulásuk és jellemzőik tanulmányozásával a csillagfejlődési elméletek fontos paramétereire adhatunk becslést.

relatív intenzitás



1.15. ábra. Az ϵ Indi B színképe a közeli infravörös tartományban

6. Pl.: *Csillagászati évkönyv* 2002, 180. o.

Egy német kutatócsoport a déli égbolt nemrégiben elvégzett fotografikus felmérésének adatbázisát vizsgálta át közeli barna törpék után kutatva. A kéktől a közeli infravörösig terjedő adatokban olyan extrém vörös objektumokat kerestek, melyek egyrészt nem látszanak a kék lemezekben, másrészt nagy sajátmozgásúak, ami a kis távolság következménye. Ennek során találtak egy I-sávban 16^m fényes csillagot, mely a kékebb tartományban felvett lemezekben nem volt azonosítható. Sajátmozgása $4''.7/\text{év}$, ami a legnagyobb ismert sajátmozgások egyike. Ez az adat kötötte össze az újonnan felfedezett objektumot a tőle $7'$ -re található ϵ Indivel, aminek pontosan ugyanennyi a sajátmozgása. Kiderült, hogy egy közös sajátmozgású, tág kettős rendszerről van szó, melynek távolsága a Hipparcos asztrometriai műhold mérései alapján mindössze 3.626 ± 0.009 pc. Az ϵ Indi A és B komponensének egymástól mért távolsága így legalább 1459 AU (kb. 0.007 pc). Az ESO NTT-vel felvett színeképek a víz és a metán széles elnyelési sávjait mutatták. Ennek alapján az ϵ Indi B T2.5 spektráltípusú, azaz ténylegesen a legközelebbi barna törpe. Legfontosabb paraméterei: hőmérséklete 1000–1300 K, luminozitása alig ötvenezred része a Napénak, sugara kb. 1 Jupiter-sugár, tömege pedig 40–50 Jupiter-tömeg. Mindezek együttesen kb. 1 milliárd éves korra utalnak.

Kiss László

Astronomy and Astrophysics, 398, L29, 2003.

Milliszekundumos pulzár főági kísérővel

A pulzárok úgy jönnek létre, hogy a szupernóva-robbanást elszenvedő csillag helyén maradó neutroncsillag „öröklí” a csillag impulzuszóráját (tehát gyorsan forgó neutroncsillag lesz), mivel az eredeti csillagméret a folyamatban 10–15 km-re csökkent. Ha most a nagyságrendileg másodperces periódussal forgó neutroncsillag felszínén valamilyen fényes folt van, akkor ennek jelei a forgásnak megfelelő, másodperces periódussal pulzálni fognak. (Maga a pulzár tehát nem pulzál, hanem csak forog). A milliszekundumos pulzárok – melyek másodpercenként akár ezerszer is megfordulnak a tengelyük körül – akkor jöhetnek létre, ha a pulzárnak olyan kísérőcsillaga van, amelyik kitölti a Roche-térfogatát, és róla anyag kerül át a neutroncsillag felszínére. Ez az átfolyó anyag igen mély potenciálkútba esik bele, a neutroncsillag ugyanis Naphoz hasonló tömegű, de mindössze 10–15 km átmérőjű égitest. A felszínre jutásig felszabaduló helyzeti energia egy része hővé alakul és főként röntgensugárzás formájában távozik. A többi része pedig mozgási energiává alakul, ez pörgeti fel a neutroncsillagot annyira, hogy akár másodpercenként ezerszer is megfordul a tengelye körül.

Találtak azonban kísérő nélküli milliszekundumos pulzárokat is, amelyeknél kérdéses volt a felpörgés oka. A megoldást a 1957+20 jelű pulzár megfigyelése hozta. Ebben a kettős rendszerben a forró neutroncsillag erős röntgensugárzása valósággal elpárologtatta a kísérő csillagot, melynek ma már csak néhány Jupiter-tömegnyi maradványa kering a pulzár körül. Ennek alapján feltételezhető, hogy a magányos milliszekundumos pulzárok eredetileg szintén kettős rendszerek voltak, melyekben a kísérő csillag a leírt módon megsemmisült.

A sokszor megkérdőjelezett, de végül mindig győztes elméletnek most újabb kihívással kell szembenéznie. A Hubble-űrtávcső nyolc napon keresztül 1289 felvételt készített a 47 *Tucanae* gömbhalmazról. A cél olyan bolygórendszerek felfedezése volt, amelyeknél a csillag korongja előtt áthaladó bolygó jellegzetes módon lecsökkenti annak fényességét. Nem találtak ilyet, viszont találtak egy újabb milliszekundumos pulzárt, amely másodpercenként 2350-szer fordul meg a tengelye körül. (Ez azt jelenti, hogy az egyenlítőjén a kerületi sebesség eléri a fénysebesség 10%-át). Ez még nem lenne baj, a probléma a kísérő-csillaggal van. Alaposabban megvizsgálva ezt a csillagot kiderült, hogy főági (tehát nem elfejlődött) csillag. Egy fősorozati csillag viszont nem töltheti ki a Roche-térfogatát, vagyis nem képes tömegátadásra. Akkor mi pörgette fel ennyire a pulzárt?

Magyarázat egyelőre nincs, illetve fel kell tételezni, hogy a pulzárt egy másik csillag pörgette föl, akkor pedig az a kérdés, hogy hogyan került annak helyére a jelenleg ott látható fősorozati csillag.

Patkós László

Közepes tömegű fekete lyukak

Eddig a fekete lyukak két alaptípusát ismertük: a csillagfejlődés végső fázisában, szupernóva-robbanás útján létrejövő csillagtömegűeket, illetve az aktív (és feltehetően az inaktív) galaxismagokban található millió – milliárd naptömegnyi fekete lyukakat. Létezésüket bizonyítottnak tekinthetjük, hiszen számos esetben sikerült tömegüket közvetlenül, gravitációs hatásuk alapján, a körülöttük keringő objektumok mozgásának vizsgálatával meghatározni. Régióta nyitott kérdés, hogy miért nem ismerünk közepes méretű fekete lyukakat, amelyek átmenetet képezhetnének a fenti két kategória között. Tényleg nincsenek, vagy a kialakulásuk folyamatában kell keresni a hiány okát?

Az utóbbi egy-két évben elkezdtek gyűlni a bizonyítékok. Elsőként röntgenmegfigyelések alapján gyanították, hogy bizonyos galaxisokban, az aktív csillagkeletkezéssel jellemezhető vidékeken talált, különösen fényes röntgenforrások valójában közepes tömegű fekete lyukak. Legújabbban az *NGC 1313* kö-

zeli spirális galaxis két ilyen röntgenforrásáról derült ki, hogy közel $1000 M_{\odot}$ tömegű fekete lyukakat rejthetnek. Az *XMM–Newton* mesterséges holddal észlelt röntgensugárzás spektrális eloszlásából meghatározták a bezuhanó gáz hőmérsékletét. Minél kisebb egy fekete lyuk, annál jobban felforrósodik a körülötte levő anyagbefogási korong belső széle, és erről röntgensugárzása árulkodik. Mivel a sugárzás izotropnak tűnik, a nagy röntgenfényességre nem találtak más magyarázatot, mint a közepes tömegű fekete lyukakat. Egy másik, ugyancsak az *XMM–Newton*nal végzett vizsgálat szerint az *M82*-ben, e közeli, intenzív csillagkeletkezést mutató galaxisban van egy rendkívül fényes röntgenforrás, amelyre 18 s periódusú, szabályos jellegű változások jellemzőek. Ez, továbbá a többszörösen ionizált vastól származó K jelű röntgenszínképvonal szélessége $500 M_{\odot}$ tömegű központi objektumra utal.

A közelmúltban, a Tejútrendszer és az *Andromeda-köd* (*M31*) egy-egy gömbhalmazának vizsgálata során más bizonyítékok is akadtak. A Hubble-úrtávcsővel az *M15* csillagaira végzett radiális sebesség-mérések alapján felmerült, hogy a tőlünk 32 000 fényévre levő gömbhalmazban 4000 M_{\odot} tömegű fekete lyuk található. Elvileg ugyan nem zárható ki, hogy a központi tömegkoncentrációt sok, különálló, de egymáshoz közel került, objektum (pl. neutroncsillag) alkotja, mégis a fekete lyuk látszik valószínűbb magyarázatnak. Az *M31* legnagyobb, *G1* jelű gömbhalmazában szintén a Hubble mérései alapján feltételezett fekete lyuk tömege 20 000 M_{\odot} . Az eredményt a halmazt alkotó, de a nagy távolság miatt egyenként nem vizsgálható csillagok sebességeloszlásának értelmezéséből kapták. A kutatóknak az az elképzelésük, hogy a fekete lyukak tömege arányos az azokat magukban foglaló csillagrendszerek tömegével. Ez arra utal, hogy a galaxismagok nagy tömegű fekete lyukai kisebbek összeolvadásával keletkezhetnek. Arra még nem tudunk határozott választ adni, hogyan alakulnak ki a közepes méretű fekete lyukak, hiszen az ilyen fekete lyukak kutatása igazából csak most kezdődik.

Frey Sándor

Astrophysical Journal, 2002. október, 2003. március;

Astronomical Journal, 2002. december, 2003. január.

A Palomar 5 gömbhalmaz

A *Palomar 5* a Tejútrendszer mintegy 130 ismert gömbhalmazának egyike. Távol van a fősíktól és tőlünk is 23 kpc a távolsága. Miután belekerült a *Sloan Digitális Égboltfelmérés*⁷ (SDSS) által lefedett égrészbe, most érdekes részletek

7. Csillagászati évkönyv 2002, 199. o.

derültek ki róla. A legfontosabb, hogy a galaxisunk középpontja körüli pályája mentén hosszú árapálynyúlványok csatlakoznak hozzá. Az előtte haladó (déli) nyúlvány legalább $3''.5$ (de lehet, hogy hosszabb, mert ott van a SDSS mező széle). A mögötte haladó (északi) nyúlvány $6''.5$ -os, így a két nyúlvány együttes hossza eléri a 4 kpc-et. A részletesebb vizsgálatok azt is kiderítették, hogy a két nyúlványban összesen mintegy 20%-kal több tömeg van, mint magában a gömbhalmazban.

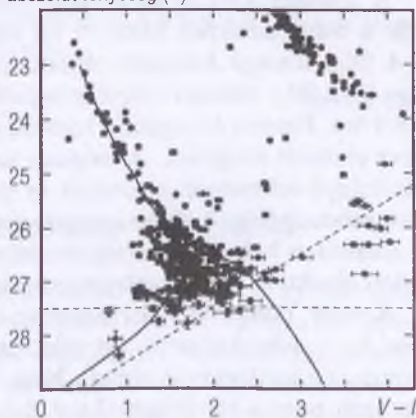
Mindebből az következik, hogy a Palomar 5 egy az árapályerők által szétzilált gömbhalmaz (ebből a szempontból hasonló a Sagittarius törpegalaxishoz). A nyúlványokban megfigyelhető csomósodások azt jelzik, hogy a gömbhalmaz tömegvesztése nem teljesen folyamatos, hanem időszakosan következik be, nagy valószínűséggel akkor, amikor a halmaz a pálya menti keringése során kb. 100 millió évenként áthalad a Tejútrendszer fősíkján.

Patkós László

Egy gömbhalmaz fehér törpéi

A gömbhalmazok jól használhatóak a csillagfejlődés vizsgálatára. Egy-egy halmaz nagyszámú csillagának eloszlása a Hertzsprung–Russell-diagrammal analóg szín–fényesség-diagramon összevethető a csillagfejlődési számításokkal, ezáltal lehetővé téve a halmazok korának, távolságának, átlagos fényességének és más jellemzőinek meghatározását. A fősozaton és az óriáságon levő csillagok vizsgálata a mai, nagy érzékenységgű műszerekkel már rutinszerűen végezhető. A csillagfejlődési végállapotot jelentő fehér törpék azonosítása azonban – halványságuk miatt – igen nehéz. Tanulmányozásuk előnye, hogy asztrofizikai szempontból kevés egyszerűbb égitest létezik, mint az energiát már nem termelő fehér törpe. Színüket és fényességüket lassú hűlésük határozza meg, így meglepően pontos becslést adhatnak egy-egy halmaz korára.

abszolút fényesség (m)



1.16. ábra. Az M4 szín–fényesség-diagramja a kék és halvány tartományban. Balra lent a fehér törpék hűlési sorozata, jobbra fent a fősozogat galja látható

Az egyik legközelebbi gömbhalmaz a Scorpiusban található *M4*. Egy nemzetközi csillagászcsoporth a Hubble-űrtávcsővel készített nagy határfényességű felvételeket az optikai és közeli infravörös tartományban. A több mint 10 órányi összesített expozíciós idő következtében $V = 30^m0$ -ig teljes a halmaz szín–fényesség-diagramja, melyen szépen kirajzolódik a fehér törpék hűlési sorozata (a különböző fehér törpék eltérő mértékben hűltek ki a kialakulásuktól kezdődően). Az elméleti modellek 12.7 ± 0.7 milliárd éves kort adnak a gömbhalmazra, ami kitűnően egyezik a független számításokon alapuló fő-sorozati korbecsléssel (13.2 ± 1.5 milliárd év), viszont annál jóval pontosabb. Az Univerzum korára vonatkozó legpontosabb becslésekkel összehasonlítva következik, hogy a csillagképződés az Ősrobbanás után gyakorlatilag azonnal megkezdődött.

Kiss László

Astrophysical Journal, 574, L155, 2002.

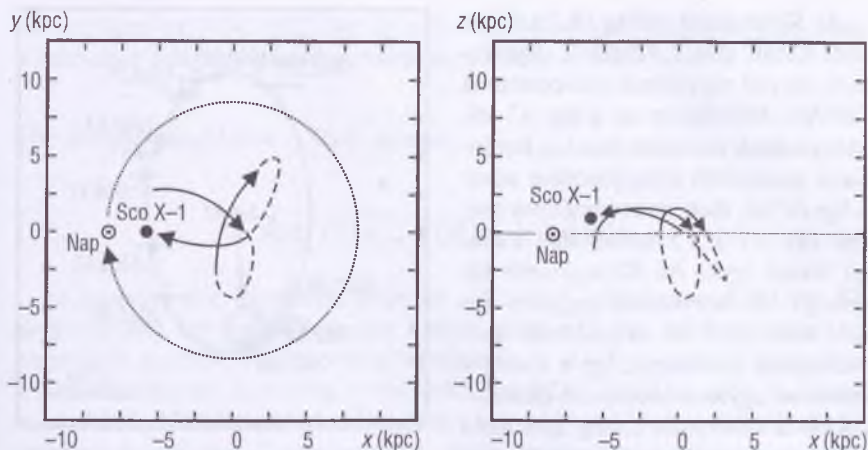
A Sco X–1 röntgenforrás eredete

A *Scorpius X–1* a legelsőként felfedezett és a legfényesebb röntgenforrás a Naprendszeren kívül. A *kis tömegű röntgenkettősök* prototípusa, egy $1.4 M_{\odot}$ tömegű kompakt objektumból (valószínűleg neutroncsillagból) és egy $0.42 M_{\odot}$ tömegű kísérőcsillagból áll, melyek keringési ideje mindössze 18.9 óra. Francia és argentin kutatók a kinematikai jellemzők alapján a rendszer eredetét vizsgálták. A módszer azon alapul, hogy ha ismerjük egy csillag látóirányú sebességét, távolságát és sajátmozgását, akkor kiszámíthatjuk térbeli sebességét is. A Tejútrendszer viszonylag jól ismert tömegmodellje, illetve a galaktikus hely- és sebesség-koordináták alapján pedig visszaszámítható az adott objektum pályája galaxisunkon belül⁸.

A nagy pontosságú asztrometriai méréseket az tette lehetővé, hogy a Sco X–1 mikrovazár is, egy relativisztikus anyagsugár forrása, melyhez egy kompakt rádióforrás is társul⁹. Nagy bázisvonalú interferometriával (VLBI) így igen pontos távolságot (2.8 ± 0.3 kpc) és sajátmozgást (közel $0''.014/\text{év}$) lehetett kimérni. A számított nagy excentricitású ($e = 0.87$) galaktikus pálya nagyon hasonlít a gömbhalmazok pályáira, így elképzelhető, hogy a Sco X–1 néhányszor tízmillió évvel ezelőtt egy gömbhalmazból dobódott ki. 30 millió éve haladt át legutóbb perigalaktikus pontján, amikor alig 500 pc-re haladt el a galaxismagtól. Az is lehetséges, hogy nem gömbhalmazból ered a csillag, ha-

8. A módszer alkalmazásával kapcsolatban lásd a Különleges röntgennóva című hírt a *Csillagászati évkönyv 2003* 183. oldalán.

9. PARAGI ZSOLT: Mikrovazárok című cikke kötetünk 234. oldalán.



1.17. ábra. A Sco X-1 pályája a Tejűrendszerben az elműlt 230 millió évben

nem a galaktikus dudorból dobta ki egy aszimmetrikus szupernóva-robbanás. Bármelyik modellt fogadjuk is el, a rendszer kora legalább 30 millió év. Mivel a kis tömegű röntgenkettűsök a gömbhalmazokban a leggyakoribbak, a kutatók az első elképzelést tartják valószínűbbnek.

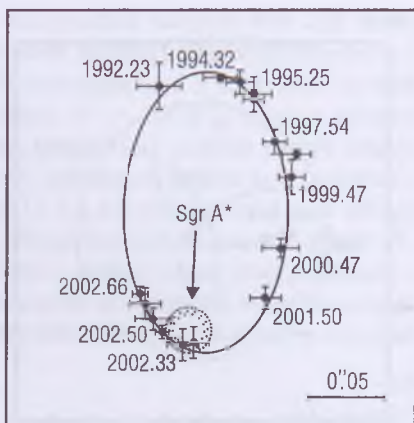
Kiss László

Astronomy and Astrophysics, **398**, L25, 2003.

Pillantás a Tejűrendszer magjába

Az utóbbi években egyre több galaxisról sikerűlt kimutatni, hogy több millió naptömegnyi fekete lyukak találhatók központi tartományaikban. A Tejűrendszer kinematikai középpontját kijelölő *Sagittarius A** kompakt rádióforrás körűli csillagok sebességműrűse, illetve az onnan érkező változó röntgensugárzás felfedezése egyaránt központi fekete lyuk létét sugallta. Ugyanakkor önmagukban ezek a megfigyelések még nem zárták ki más jellegű tömegkoncentráció lehetőségét. Egy német csillagászok által vezetett nemzetközi kutatócsoport tíz éven keresztül végzett adaptív optikás asztrometriai műrűseket a Sgr A* környezetéről. Ennek alapján igen pontosan ki tudták műrűni a Sgr A* körül keringő legközelebbi csillag pályáját.

Az S2-vel jelölt csillag 15.2 ± 0.7 év alatt kerüli meg a központi objektumot, elnyúlt pályájának pericentruma 124 AU távolságban van a Sgr A* -tól. Mozgásának elemzése minden korábbinál pontosabb tömegbecslést adott a Sgr A* -ra, mely az eredmények szerint egy 3.7 ± 1.5 millió M_{\odot} tömegű fekete lyuk. Az S2 legkisebb távolsága kb. hetvenszer nagyobb annál, mint ahol az árapályerők már széttepnék a csillagot, így a továbbiakban az egyre érzékenyebb detektorokkal a centrumhoz még közelebbi és még halványabb csillagokat fognak nyomon követni, hogy a központi fekete lyukhoz közelebbi tartományban is feltérképezzék mozgásukat.



1.18. ábra. Az S2 jelű csillag pályája a Sgr A* körül

Kiss László

Nature, 419, 2002.

Az NGC 4622 spirálkarjai

Az NGC 4622 nagyon látványos spirálgalaxis (4. kép a színes mellékletben), amelynek két nagy és egy kisebb karja van. A karok keletkezését a sűrűség hullám-elmélettel szokás magyarázni. Eszerint elképzelhető ugyan, de nagyon ritka a karok vezető felcsavarodása, vagyis amikor a forgásirány és a kar iránya megegyezik, másként mondva a karok külsőbb részei előre vannak a forgásirányban, mint a belsőbb részek. Egy ilyen képződmény ugyanis dinamikailag rendkívül instabil volna. A fordított irányú, követő felcsavarodás várható inkább; a galaxisok nagy többségében is ez figyelhető meg. Ezért érdekes minden olyan galaxis, amelyben a megfigyelések vezető felcsavarodást sejtetnek. Már régóta gyanítják, hogy az NGC 4622 is ezek közé tartozik.

A Hubble-űrtávcsővel és földi teleszkópokkal végzett megfigyelések nemcsak megerősítették ezt a gyanút, hanem még meglepetéssel is szolgáltak. A két nagy külső kar felcsavarodása ugyanis valóban vezető, de a kisebb, belső karé követő! Egy galaxison belül tehát kétféle irányú rotáció fordul elő. Megállapíthatjuk, hogy a természet megint többet produkált, mint az eddigi legjobb elméleti modelljeink. A megfigyelések magyarázatára esetleg szóba

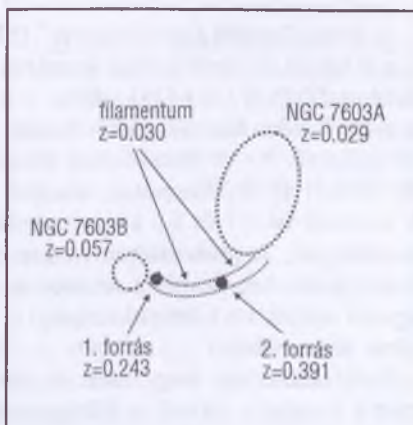
jön az, hogy az NGC 4622 több galaxis összeolvadásával keletkezhetett, amit a halójában található gömbhalmazok nagy száma is alátámaszthat.

Barcza Szabolcs

The Astronomical Journal, 2003. február.

Az NGC 7603 kísérői

Jó harminc éve ismeretes, hogy az NGC 7603 (*Markarian 530*, *Arp 92*) *Seyfert-galaxis* egy nagyobb és egy kisebb galaxisból álló kettős rendszer. A nagyobbik, az NGC 7603A vöröseltolódása $z = 0.029$, ami 8700 km/s távolodási sebességnek felel meg, a kisebbikre, az NGC 7603B-re ezek az adatok $z = 0.057$, 17 000 km/s. A két galaxist egy nagyon halvány, körülbelül fél szögperc hosszúságú filamentum köti össze, amelynek ugyanúgy abszorpciós színe van, mint a B-nek, tehát összetartozónak látszanak, noha benne a vöröseltolódás $z = 0.030$, ami az A-ra mért értékkel majdnem megegyezik. Ez ugyan már elgondolkasztató, de nem törődtek vele különösebben, véletlen projekció számlájára írták.



1.19. ábra. Az NGC 7603 kísérői

A véletlen projekció hipotézise alól húzta ki a talajt az, hogy a La Palma-i obszervatórium 2.6 m-es távcsövével készített *R*-felvételen 2000. júniusában sikerült a halvány filamentumban felfedezni két 21–22^m-s, pontszerű forrást, amelyek mintegy 5^m-val halványabbak, mint a B, ezért nem látszottak a régi felvételeken. A 2001 augusztusában készített színeképek aztán újabb meglepe-

tést hoztak: mindkét forrás emissziós vonalakat mutat, amelyek félszélessége szerint 2000 km/s sebességű kiáramlás történik belőlük. Az A közvetlen közelében levő forrás vöröseltolódása $z = 0.391$, a B-nél levőre viszont $z = 0.243$.

Már korábban is elég különösnek gondoltuk az NGC 7603A–B rendszert: nyilvánvalóan kölcsönható galaxisok, egymáshoz $1'$ -nél közelebb, mégis jelentősen eltérő vöröseltolódással. A különlegesség az új felfedezéssel csak fokozódott: a kompakt források z -je jelentősen eltér egymástól; eltér annak a galaxisnak a z -jétől is, amelynek a peremén elhelyezkednek; sőt eltér annak a filamentumnak z -jétől is, amelyben vannak. A pontszerű látvány és a nagy gázkiáramlási sebesség pedig szinte bizonyossá teszi, hogy a két forrás kvazár. Két kölcsönható galaxis között két kvazár, négyféle vöröseltolódással – és mindez egy szögpercen belül! Komoly rejtély a ma általánosan elfogadott kozmológiai modellek számára.

Barcza Szabolcs

Astronomy and Astrophysics, 2002. augusztus.

A legtávolabbi ismert kvazárok

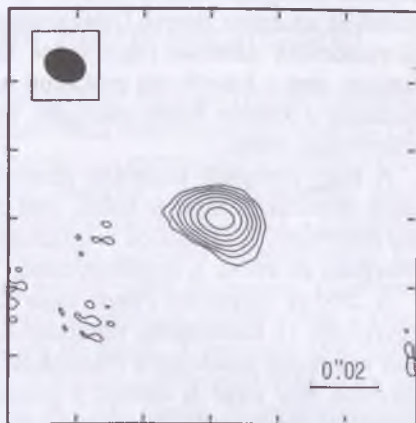
A *Sloan Digitális Égboltfelmérés*¹⁰ (SDSS) előrehaladtával sorra fedezik fel a $z = 6$ körüli vöröseltolódású kvazárokat. Jelenleg hét ilyen ismert, és a csúcstartó az *SDSS J1148+5251* jelű ($z = 6.43$). Mire a program véget ér, összesen nagyjából húsz hasonló távoli kvazár felfedezése várható. A keresés alapelve egyszerű. Az öt színű szűrővel felvett fotometriai adatok alapján kiválasztják azokat az objektumokat, amelyek csak a legvörösebb színben látszanak. A módszer az 5.7 és 6.6 közötti vöröseltolódás-tartományban levő kvazárokra érzékeny. A gyakorlatban persze nem könnyű kiválogatni az igazi távoli kvazár-jelölteket. Végül a színeképek alapján a gyanús objektumoknak csak egy-két százaléka bizonyul tényleg $z = 6$ körüli kvazárnak, a többi jórészt vörös törpecsillag.

Feltételezhetjük, hogy ezek az aktív galaxismagok ugyanúgy működnek, mint a közelebbi társaik: a középpontjukban lévő, rendkívül nagy tömegű fekete lyukba bezuhanó anyag sugároz olyan nagy teljesítménnyel, hogy hatalmas távolságuk ellenére is megfigyelhetők. A fekete lyukak becsült tömege $10^9 - 10^{10} M_{\odot}$, ezért már pusztán létük is kihívás a kozmológiai struktúrafejlődési modellek készítői számára. A $z = 6$ körüli távolságban a Világegyetemet kb. egymilliárd éves korában látjuk. Ekkora tömegű fekete lyukak összeállásához viszont nagyjából ezzel a korrall összemérhető idő lenne

10. *Csillagászati évkönyv 2002*, 199. o.

szükséges. Felmerülhet, hogy ezek a kvazárok valójában nem is ennyire fényesek, csak gravitációs-lencse-hatás miatt erősödik fel a sugárzásuk. Ha ez igaz volna, akkor a fekete lyukak tömegére is egy-két nagyságrenddel kisebb érték adódna. Az eddig vizsgált esetekben ugyanakkor semmilyen jel nem mutat gravitációs-lencse-hatásra, a kvazárok képei ugyanis nem többszöröződnek meg.

A különböző hullámhossztartományokban jelenleg is folyó, intenzív megfigyelések összegzése szerint ezek a távoli kvazárok zavarba ejtően normálisnak tűnnek. Közülük röntgen-tartományban négyet detektáltak. A hét kvazár közül egy rádiósugárzó, ennek a rádiószerkezetét sikerült VLBI technikával, nagy felbontással feltérképezni (1.20. ábra). Eszerint a sugárzás gyakorlatilag teljes mértékben egy 200 fényévnél kisebb átmérőjű tartományból érkezik. Spektroszkópiai megfigyelések alapján kiderült, hogy a $z = 6$ körüli kvazárok „fém tartalma” meglehetősen nagy, nagyjából a Napénak megfelelő érték. Ennek alapján úgy tűnik, hogy a csillagkeletkezés és a nagy tömegű, Ia típusú szupernóvák robbanása már sokkal korábbi kozmológiai időszakban kezdődött, s mindenképpen megelőzte az aktív galaxismagok „begyulladását”. A legtávolabbi ($z > 6$) kvazárok némelyikének színeképében megjelenik a Gunn–Peterson-hatás¹¹. Közvetlenül a Lyman- α vonal kék oldalán az intenzitás gyakorlatilag nullára csökken. Ez az elnyelés úgy értelmezhető, hogy a kvazár közelében a látóirányunkba eső galaxisközi hidrogénfelhők anyaga még jellemzően semleges állapotban volt: nem fejeződött be teljesen a Világegyetem hidrogénjének reionizációja.



1.20. ábra. Az SDSS J0836+0054 kvazár ($z = 5.82$) 1.6 GHz frekvencián készült VLBI rádióképe. A bal felső sarokban jelzett $0''.01$ szögfelbontás a kvazár mintegy 13 milliárd fényéves távolságában kb. 200 fényévnél felel meg

Frey Sándor

Astronomical Journal, 2001. december, 2003. április;
Astrophysical Journal, 2002. április, november, 2003. április;
Nature, 2002. június;
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2003. július.

11. Csillagászati évkönyv 2003, 231. o.

Ultranagy energiájú kozmikus sugárzás

A kozmikus háttérsugárzás felfedezését követő évben, 1966-ban több fizikus egymástól függetlenül kiszámította, hogy ha a kozmikus sugárzás egy részecskéjének energiája kisebb, mint $6 \cdot 10^{19}$ eV, akkor a részecske akadálytalanul halad át az egész ismert Univerzumon. E küszöbértéknél nagyobb energiájú részecskék azonban rugalmatlan szórást szenvednek a háttérsugárzás fotonjain, ami a küszöb alá csökkenti az energiájukat. Rögtön meg is indult a vadászat a küszöb feletti energiájú részecskék után, mert felfedezésük nagy jelentőségű volna.

A nagy energiájú kozmikus részecskék a földi légkörbe csapódva másodlagos részecskék záporát keltik, ami a Föld felszínén elhelyezett detektorokkal észlelhető. A számlálók megszólalásának rendjéből az elsődleges részecske energiája és iránya is megállapítható.

A 2005-re megépülő *Pierre Auger Observatórium* (Argentína) 1600 darab, egyenként 11 köbméteres víztartályból áll, amelyekben a kozmikus sugárzásban keletkező másodlagos részecskéket lehet kimutatni. Előzetes eredmények azonban már most is vannak a jelenleg már üzemelő 40 tartály méréseiből, valamint más hasonló obszervatóriumok adataiból.

Eddig 10 olyan kozmikus eredetű légizáport sikerült megfigyelni, amelyeket 10^{20} eV-nál nagyobb energiájú részecskék váltottak ki. A rekordot egy $3 \cdot 10^{20}$ eV energiájú zápor tartja, ez ötszöröse az említett küszöbnek. Szemléltetésül annyit, hogy a zápor $2 \cdot 10^{11}$ darab másodlagos részecskéből állt, a kiváltó elsődleges részecske – valószínűleg proton – energiája pedig 50 J volt (ennyi energiával 1 kg tömeget 5 m magasra lehet felemelni!). Minden kétséget kizáróan vannak tehát olyan nagy energiájú kozmikus részecskék, amelyek meghaladják a kritikus energiaküszöböt.

Ha a háttérsugárzás tényleg izotrop módon tölti ki az Univerzumot, akkor ezeknek a részecskéknek a létezésére az a magyarázat, hogy bizonyára valahonnan a közelből származnak. Az eddigi adatokból távolsági korlát is megadható: az elsődleges részecskék nem jöhetnek 60 Mpc-nél messzebből. Az eddig megfigyelt 10 ultranagy energiájú zápor elsődleges részecskéi olyan irányokból jöttek, amerre 60 Mpc-en belül semmi különlegeset nem látunk. Az Auger Observatóriumban évi 30 ilyen zápor észlelése várható, s pár éven belül ezek, és az esetleg az északi félgömbön is megépülő hasonló obszervatóriumból származó adatok az égi eloszlásról is megbízható információt fognak adni. Talán kiderül, hogy honnan jönnek ezek a részecskék. Izotrop eloszlás esetén azonban a kozmikus háttérsugárzás egész univerzumot egyenletesen ki-

töltő volta válhat kérdésessé, ami az ősrobbanásos világmodell számára járna katasztrofális következményekkel.

Barcza Szabolcs

Nature, 2002. szeptember.

Térkép a mikrohullámú háttérsugárzásról

Az 1990-es évek legelején, a *Cosmic Background Explorer* (COBE) műhold mérései alapján mutatták ki, hogy a mikrohullámú háttérsugárzás erőssége különböző méretskálakon irányfüggő. Az anizotrópia mennyiségi jellemzése kozmológiai paraméterek meghatározását teszi lehetővé¹², így nem véletlen, hogy az utóbbi években több felszíni és magaslégköri mérést végeztek a háttérsugárzás anizotrópiájának minél pontosabb, illetve nagyobb szögfelbontású kimérése érdekében. A teljes égre kiterjedő mérést végző *Microwave Anisotropy Probe* (MAP) űrszondát 2001. június 30-án bocsátották fel, és a Nap–Föld rendszer L_2 Lagrange-pontja körüli pályára állították. A program időközben elhunyt vezetőjéről (D. T. WILKINSON, Princeton University) WMAP-re átkeresztelt szonda 2005-ig működik. 23 és 94 GHz között 10 hullámhosszon végzi megfigyeléseit, melyek szögfelbontása a hullámhossztól függően 0.2° – 0.8° közötti.

A kutatás első szenzációs eredményeit 2003 elején jelentették be. A teljes égbolt lefedésével meghatározták a belátott Univerzum mikrohullámú képét. Az adatfeldolgozás során gondosan elkülönítették és levonták a Tejútrendszer mikrohullámú sugárforrásait. Az anizotrópiák jellemzésére meghatározták a háttérsugárzás hőmérséklet-változásának térszög szerinti spektrumát, vagyis azt, hogy milyen szögléptéken mennyire erősen ingadozik a háttérsugárzás hőmérséklete. Feltűnően jó egyezést találtak az elméleti számítások és a mért értékek között, így az illesztett modell legfontosabb paraméterei és becsült hibái nagyon sok kozmológiai kérdésre adnak minden korábbinál pontosabb és határozottabb választ.

Az Univerzum átlagsűrűsége $\rho = 1.02 \pm 0.02$, ami a mérési hibán belül megegyezik a sík ($\rho = 1$) Világegyetemmel. Ennek megfelelően úgy tűnik, hogy a kozmológiai tágulás örökre folytatódni fog. A sík modellben 4.4% a barionos anyag, 22% a sötét anyag, 73% pedig a kozmológiai állandóval kapcsolatos sötét energia. A modern fizika egyik legnagyobb kihívása ezen ismeretlen tulajdonságú sötét anyag és energia mibenlétének kiderítése, hiszen jelenleg az Univerzum 95%-áról tulajdonképpen nem tudjuk, hogy miből is áll.

12. MÉSZÁROS ATTILA: Napjaink kozmológiája. *Csillagászati évkönyv 2002*, 219. o.

A Hubble-állandóra adódó érték 71^{+4}_{-3} km/s/Mpc, ami megegyezik az újabban elfogadott adattal, ugyanakkor csak fele akkora a hibája. A hidrogéngáz és a háttérsugárzás lecsatolódása 380 000 évvel az Ősrobbanás után következett be, $z = 1089 \pm 1$ vörösetolódásnál. A Világegyetem kora 13.7 ± 0.2 milliárd év, azaz az öreg gömbhalmazok 15–16 milliárd évesnek becsült kora valószínűleg revízióra szorul. Újabban inkább 12–13 milliárd évre teszik a legöregebb gömbhalmazok korát, ami már összeegyeztethető a WMAP eredményeivel¹³.

Kiss László

Astrophysical Journal, preprint (2003), *astro-ph*, 0302207.

Megmérték a gravitáció terjedési sebességét?

Einstein általános relativitáselmélete szerint a gravitációs hatás terjedési sebessége véges, és nagysága a fény sebességével megegyező. A relativitáselmélet ugyan számos próbát kiállt már, de a gravitáció terjedési sebességét eddig még senkinek sem sikerült megmérnie. 2002 szeptemberében a *J0842+1835* jelű fényes kvazár látóirányának közvetlen közelében, 3,7 szögtávolságban haladt el a Jupiter. Hasonló esemény ritkán, nagyjából tízévente fordul elő. Ezt az alkalmat használták fel arra, hogy megmérjék, mekkora változás következik be a kvazár pozíciójában, amikor a kvazárról érkező rádióhullámok elhajlanak az óriásbolygó gravitációs terében. A gravitáció terjedésének vizsgálatához fel kellett használni azt is, hogy a Jupiter pálya menti mozgása miatt a rádióhullámokat eltérítő gravitációs tér időben változik.

A rendkívül precíz, milliomod ívmásodperc pontosságú mérést nagyon hosszú bázisvonalú rádió-interferometriás (VLBI) technikával végezték. Az amerikai VLBA rádiótávcső-rendszer tíz antennája és az effelsbergi (Németország) rádióteleszkóp alkotta hálózat még két további kvazárt észlelt az említett kvazár közelében (0,82 illetve 3,36 szögtávolságban). A méréseket 5.5 perces ciklusokban mindhárom rádióforrásra elvégezték, és ennek köszönhetően minden eddiginél jobban sikerült kiküszöbölni földi légkör és a mérőberendezések időfüggő zavaró hatásait. A referencia-kvazárok helyzetéhez képest így akkora relatív pontosságot értek el, ami a Jupiter távolságában mindössze 30 méter hibának felel meg.

A mérést eltervező és végrehajtó kutatók a kapott eredményt úgy értelmezik, hogy a gravitáció terjedési sebessége 1.06 ± 0.21 -szorosa a fénysebességnek, ami igazolni látszik az általános relativitáselmélet jóslatát. Az értelmezést egyelőre még vitatják, a mérés eredményét azonban nem. A kísérletet mega-

13. Egy gömbhalmaz fehér törpéi című hír ebben a kötetben.

lapozó elméleti számítások évekkel ezelőtt napvilágot láttak, egyes elméleti fizikusok most mégis különböző ellenérveket hangoztatnak. Egyesek szerint a levezetés hibás, a módszerrel kapott eredménynek nincs közvetlen köze a gravitáció terjedési sebességéhez. Van, aki azt állítja, hogy a kísérlet valójában nem a gravitációs hullámok, hanem a fény terjedési sebességét mérte. Az értelmezésbeli különbségek mögött a gravitációs egyenletek levezetésekor végzett egyszerűsítések különböző megítélése áll. Amíg a témában szakértő néhány kutató le nem zárja a vitát, addig a gravitáció terjedési sebességére kapott eredmény sem tekinthető biztosnak. Vannak, akik szerint ez nem is olyan fontos, hiszen legjobb esetben is egy elfogadott elmélet jóslatát sikerült most kísérletileg igazolni... Mindenesetre ez az első alkalom, hogy ezt az alapvető fizikai mennyiséget esetleg megmérték, és értéke valóban megegyezik az általános relativitáselméletben feltételezett terjedési sebességgel.

Frey Sándor

Astrophysical Journal, 2001. július;

Proceedings of the 6th European VLBI Network Symposium, Bonn, 2002. június;
astro-ph, 0301145, 2003. január, 0302294, 2003. február.

A James Webb Space Telescope

A Hubble-űrtávcső utódja a *James Webb Space Telescope* (JWST) új nevet kapta (korábbi elnevezése: Next Generation Space Telescope volt). A tükrőátmérő az eredetileg tervezettnél kisebb, 6 m lesz, és szíriomszerűen összecsu-kott állapotban kerül a rakétába. A hordozórakéta a Föld Nappal ellentétes oldalán mintegy 1.5 millió km-es távolságba fogja eljuttatni a JWST-t az L_2 librációs pontba. E pozícióból állandó irányban látszik a Föld és a Nap, ezáltal az árnyékolás, illetve a hővédelem jól megoldható. A tenispálya méretű hővédő pajzs napos oldalán mintegy $+27^\circ\text{C}$, a másik (hűtött) oldalon – ahol maga a teleszkóp és a mérőműszerek kapnak helyet – viszont mindössze 35 K lesz a hőmérséklet. A fő műszerek egy közeli-infravörös kamera, egy több objektum egyidejű vizsgálatára alkalmas spektrométer, valamint egy közepes-infravörös kamera/spektrométer lesznek. A tervezett 2011-es startig persze még néhány részlet megváltozhat.

Patkós László

<http://www.ngst.nasa.gov/>.

Kővári Zsolt

Látjuk-e a csillagok felszínét?

Történeti visszatekintés

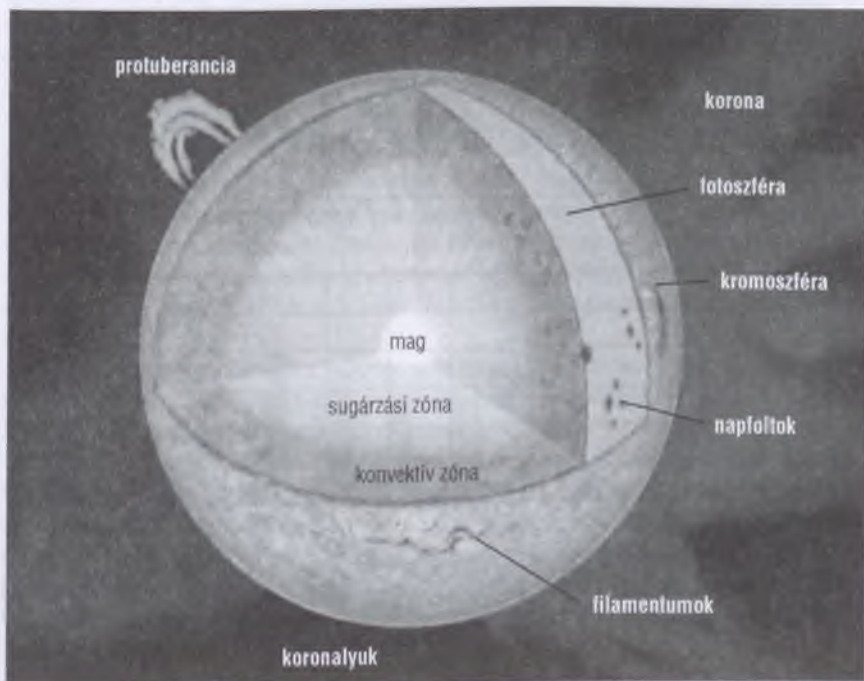
A napfoltokról az ember történelmi idők óta gyűjti az ismereteket. Feljegyzések szerint a Kr. e. II. században THEOPHRASZTOSZ, ARISZTOTELÉSZ egyik tanítványa számolt be sötét foltokról a Nap felszínén, egy évszázaddal később pedig kínai csillagászok tettek említést napfoltokról. A megfigyeléseket a XVII. századig szabad szemmel végezték, teleszkópos napfoltészleléseket először GALILEI, FABRICIUS, SCHEINER és HARRIOT végzett 1611-ben. A távcső térhódításával megkezdődött a Nap szisztematikus megfigyelése, amely napjainkban már folyamatosan zajlik földi telepítésű és műholdas eszközök bevonásával.

Már a történelmi újkor kezdetén felbukkant annak gondolata, hogy a Nap-hoz hasonlóan a csillagok felszínén is megjelenhetnek foltok, melyek akár a csillag fényességének észlelhető változását is okozhatják. I. BOULLIAU francia polihisztor 1667-ben a Mira fényváltozásait vizsgálva arra a következtetésre jutott, hogy a csillag egyik féltekéje fényesebb, mint a másik, s ez a tengely körüli forgás következtében a csillag látszólagos fényességváltozását okozza. Noha ma már pontosan tudjuk, hogy a Mira pulzáló változócsillag, így a következtetés e konkrét esetben helytelen, azonban a Boulliau által felvetett foltos csillag elmélet azóta bizonyítást nyert, és az újabb kiadású változócsillag-katalógusokban ezrével találhatunk foltos csillagokat.

Hogyan állíthatjuk egy csillagról, hogy fényváltozását foltok okozzák, ha tudjuk, hogy jelenleg még a legmodernebb távcsöveink felbontása sem elegendő a csillagok felszínének közvetlen megfigyeléséhez? Még a legközelebbi csillagok korongjának vizsgálatához is a jelenlegieknél legalább százszor-ezerszer jobb felbontóképességű műszerekre volna szükség. Ha tehát a címben feltett kérdésre – látjuk-e a csillagok felszínét? – röviden akarnánk válaszolni, azt kellene mondanunk, hogy nem (hozzátéve: a helyzet a jövőre nézve azért nem reménytelen). Mielőtt azonban a kérdésre részletesebb választ is adunk, tekintsük át, miért érdekes számunkra a távoli csillagok felszíne!

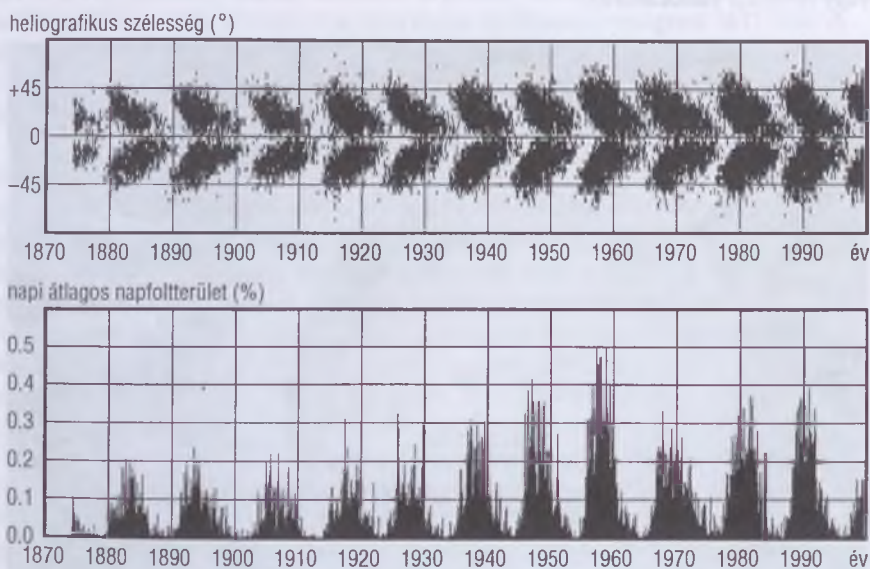
Napaktivitás

Jelenleg a Nap az egyetlen csillag, amelynek felszínét (fotoszféráját) és a légkör magasabb tartományait (vagyis a kromoszférát és a koronát) is részletesen, kellő felbontással, az elektromágneses spektrum legszélesebb skáláján vizsgálhatjuk, sőt, az űrből mindezt akár folyamatosan, a nap 24 órájában megtehetjük. A napaktivitás igen összetett folyamategyüttes, amelynek a *napfolt* csupán egyetlen — igaz, szabad szemmel is könnyedén megfigyelhető következménye. A Nap által kibocsátott fény, a napszél, a nagyenergiájú részecskék mind térben (pozícióban, kiterjedésben), mind időben (a másodperces időtartamtól az évszázados folyamatokig) változó intenzitással jelentkeznek, amit egyetlen szóval napaktivitásnak nevezhetünk. Annyit azonban érdemes az elején leszögezni, hogy a napaktivitás összes megfigyelt jelensége kapcsolatba hozható a Nap globális vagy lokális mágneses terének lassú, folyamatos vagy hirtelen változásával.



2.1. ábra. A Nap belső szerkezete és a napaktivitás megfigyelhető külső jegyei

Az aktivitási jegyek gyakran ugyanannak a jelenségegységnek más és más vetületei: más szögből, más hullámhosszon, a napfelszín felett különböző magasságokban látszanak, vagy éppen más időskálán vizsgáljuk őket. Vegyük sorra, melyek a legfontosabbak: a fotoszféra sötét *napfoltjairól* már esett szó, körülöttük figyelhetők meg UV tartományban a nagy kiterjedésű, kromoszférikus *fáklyamezők* (plázsok); de meg kell említenünk a napkitöréseket, más néven *flereket*; továbbá a *koronakitöréseket*, melyek olykor mágneses viharok formájában Földünket is eléri; a *filamenteket*, melyek a Nap korongján sötét csíkoknak látszanak, míg a korong szélén óriási plazmaívakként jelennek meg, és ekkor *protuberanciának* szokás nevezni azokat (2.1. ábra). De az aktivitás tárgykörébe tartozik egyebek mellett a napfoltok statisztikusan mérhető, ciklikus megjelenési gyakorisága is, melyet grafikusan ábrázolva a *pillangó-diagram*hoz jutunk (2.2. ábra). A napfoltok a ciklus kezdetén nagyjából a $\pm 30^\circ$ szélességi körök mentén bukkannak fel, majd az idő előrehaladtával az egyenlítőhöz egyre közelebb jelennek meg.



2.2. ábra. Fent a pillangó-diagram a napfoltok megjelenési helyének változása; lent a napfoltok számának alakulása az elmúlt 120 évben [25.]

A pillangó-diagram mögött megbúvó fizikai folyamat, a mágneses dinamó mechanizmusának megértéséhez kombinálni kellett a mágnességet leíró törvényeket az áramlástannal: a dinamóelmélet magneto-hidrodinamikai megalap-

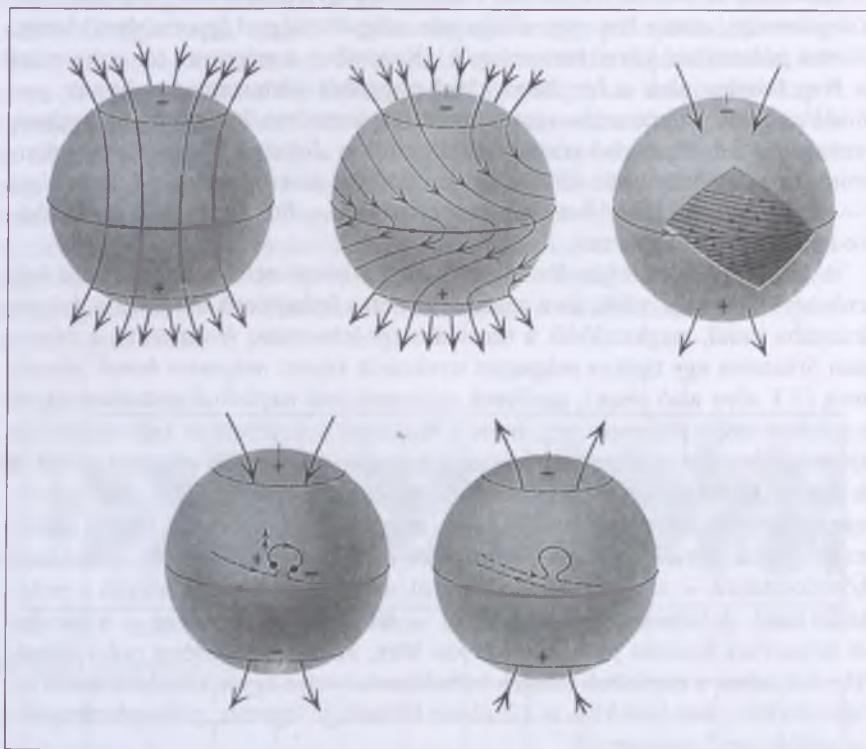
pozása az 1950-es években kezdett általánosan elfogadottá válni. A Nap nem merev testként forog a tengelye körül. A látható felszín alatti, vastag rétegben — a *konvektív burookban* — hasonló turbulens áramlások zajlanak, mint a forrásban lévő vízben, a felszínen viszont megfigyelhető a differenciális rotáció jelensége, azaz a Nap egyenlítője más szögsebességgel (gyorsabban) forog, mint a pólusokhoz közeli tartományok¹. Kezdetben a mágneses tér erővonalai a Nap felszíne alatt a forgástengellyel nagyjából párhuzamosan futnak, *poloidálisak*). A differenciális rotáció miatt a plazmában fellépő nyíró hatások azonban a 2.3. ábra felső részén látható módon „feltekerik” az erővonalakat, mint forgó orsó a cérnát. Ennek eredményeként az erővonalak a felszín alatt — az egyenlítővel többé-kevésbé párhuzamosan — fluxuscsövekbe rendeződve *toroidális teret* képeznek.

A konvektív zóna alján lévő fluxuskötegek közül néhány a nyújtástól felerősödve instabillá válik, és a plazmában ható felhajtóerő hatására a felszín irányába indul, megkezdődik a toroidális tér lebontása. A fluxuscső a felszínen áthatolva egy tipikus mágneses struktúrát képez: *mágneses hurok* jelenik meg (2.3. ábra alsó része), amelynek talppontjainál napfoltok alakulnak ki. A napfoltok azért jelennek meg, mert a fluxuscső belsejében az erős mágneses tér miatt lelassul a plazma mozgása, a konvekció kevesebb energiát szállít a felszínre. Emiatt a felszín hőmérséklete csökken, sötétebbé válik, mint a környezete. A feltörő mágneses fluxus — mai tudásunk szerint a felszín alatti, nagyléptékű *meridionális* (az egyenlítőtől a pólusok felé haladó) áramlások következtében — a pólusok felé vándorol, ami lassanként újra felépíti a poloidális teret. A folyamat eredményeként — átlagosan 11 évenként — a kiinduló helyzethez hasonló poloidális tér jön létre, azonban ellentétes polaritással. Mindeközben a napfoltok átlagos felbukkanási helye egyre közelebb kerül az egyenlítőhöz, ami kialakítja a 2.2. ábrán látható, jellegzetes, pillangószárnyakra emlékeztető diagramot.

A nap- és csillagaktivitás felszíni jelenségeinek pontos rögzítése a csillagok belsejében zajló folyamatok megértéséhez is közelebb visz bennünket. A Nap és az aktív csillagok közötti párhuzam abban is segít, hogy a napaktivitás időbeli fejlődését vizsgáljuk. Tudjuk, hogy a Nap fiatal csillagként gyorsabban forgott és jóval aktívabb volt, mint ma. Az aktivitás motorjának, a mágneses dinamónak a működéséhez ugyanis a mély konvektív zóna (2.1. ábra) mellett elengedhetetlen feltétel az elegendően gyors tengelyforgás, amit aktív csillagokról készített statisztikai vizsgálatokkal is alátámasztottak [4., 12.]. Ha tehát fizikai tulajdonságok és kémiai összetétel tekintetében a Naphoz hasonló, de

1. A differenciális rotációnak létezik egy másik formája is, a mélységi differenciális rotáció, amelynél a forgás szögsebessége a mélységgel változik. Nyíró elmozdulások tehát a plazmában a felszín alatt is működnek.

különböző korú csillagokat keresünk, és azokat bizonyos szempontok (pl. forgási sebesség, kromoszférikus emisszió stb.) szerint összehasonlítjuk, abból a Nap fejlődésének korai fázisaira tudunk következtetni.



2.3. ábra. A Nap mágneses terének változása a 11 éves napciklus során. A felső sor azt mutatja, hogyan tekerednek fel a kezdeti poloidális mágneses tér erővonalai a differenciális rotáció következtében. Az alsó sor a mágneses hurkok (napfoltok) felbukkanásait, valamint a mágneses polaritás megfordulását szemlélteti

A csillagok felszínének megfigyelése

Mint már leírtuk, a legmodernebb földi távcsövek, de még az űreszközök sem alkalmasak arra, hogy a csillagok felszíni struktúráiról közvetlen információt szolgáltatassanak. Ez idáig egyetlen közvetlen felvétel készült egy csillag felszínéről, mégpedig a *Hubble-űrtávcső* feljavított műszereivel (COS-

TAR+FOC) egy „szomszédos” szuperóriásról, a *Betelgeuzéról* (α Orionis), amelynek távolsága kb. 400 fényév, mérete pedig legalább 600-szorosa a Napénak. Az ultraibolya tartományban készült felvétel (2.4. ábra) a csillag felszínén nagy kiterjedésű forró foltot mutat a korong középpontjától kissé déli irányban.

Ahhoz tehát, hogy az aktív csillagok felszínét láthassuk, és az alatta zajló fizikai folyamatokat megértsük, az adott műszerteknikai feltételek mellett *közvetett* információszerezésre, indirekt módszerek alkalmazására kell hagyatkoznunk. A modellszámítások során a csillag által kibocsátott elektromágneses sugárzás adott hullámhossztartományba eső részét összegzik (integrálják) a csillag éppen látható felületére, és bizonyos feltevések alapján ebből próbálják rekonstruálni a megfigyelt fénygörbét vagy színkép vonalat — így közvetett úton — a csillag fényváltozásait előidéző felszíni folyamatokat. Ez az *inverz feladatnak* nevezett eljárás azonban nem minden csillagra alkalmazható, ráadásul a megoldás sem feltétlenül egyértelmű.



2.4. ábra. A *Betelgeuze* (α Orionis) Hubble-űrtávcsővel készített ultraibolya képe. Az űreszköz határfelbontása kb. $0''.001$. Látható, hogy a szuperóriás mérete a Jupiter-pályájának átmérőjét is meghaladja! [3.]

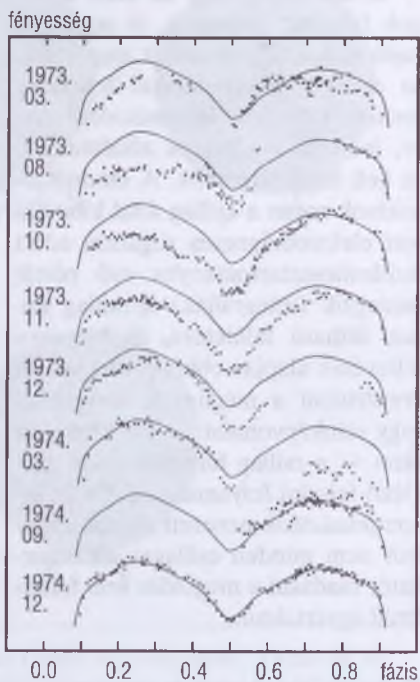
Fotometriai módszerek

Több évtizedre nyúló fotometriai megfigyelések alapján megállapítható, hogy az aktív csillagok fényességváltozásai legalább három időskálán zajlanak. A fotometriai jegyek közül a legszembetűnőbbek a csillag forgási periódusával egyező, többnyire szinuszhoz hasonló fénygörbét adó változások, melyeket a csillag felszínén megjelenő foltok okoznak. A változás amplitúdója tipikusan $0^m 1$, de szélsőséges esetben a $0^m 5$ -t is meghaladhatja, amihez akár a látható félgömb 30–50%-ának is folttal borítottnak kell lennie! (Összehasonlításul: a foltfedettség a Napon nem éri el az 1%-ot.) Hosszabb időskálán — néhány forgási periódustól a több hónapos időtartamig — a fénygörbe alakjának mó-

dosulása, az átlagos fényesség szintjének kisebb mértékű változása figyelhető meg, ami a felszíni struktúrák átrendeződésével, fejlődésével magyarázható: a csillagfoltok – a napfoltokhoz hasonlóan – keletkezésük után egy ideig fejlődnek, majd széteszanak, eltűnnek, mialatt újak jelennek meg. Az aktív csillagok fotometriai észleléseinek összegyűjtése hosszabb időskálán segítséget nyújthat a foltok változásának követéséhez, illetve a több éves, évtizedes aktivitási ciklusok kimutatásához.

Az RS CVn típusú fedési kettősök esetében a csillagfoltok miatt a fedési fénygörbére rakódó másodlagos hullám vándorolhat. Ez a *migráció* jelensége, melynek megértéséhez elő kell vennünk a Nap-analógiát: a foltos társcsillag felszíne differenciálisan rotál, azaz van olyan pozíció a csillagon, ahol a folt forgási periódusa valamivel kisebb, vagy éppenséggel nagyobb, mint a kettőscsillag keringési periódusa. Így a vándorló folt által okozott fotometriai hullám minden körülfordulással kissé elcsúszik a kettős rendszer állandó periódusú fedési fénygörbéjén [11.] (2.5. ábra).

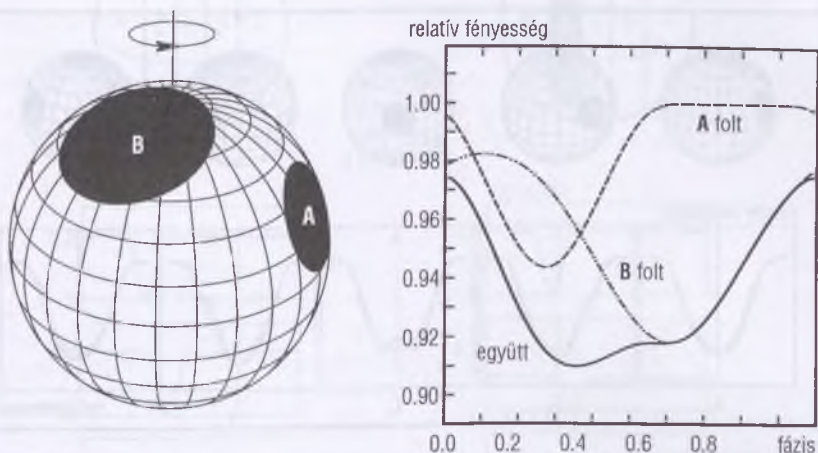
A fotometriai foltmodellezés a fényességmérésre kidolgozott képalkotó eljárás, mely az észlelt, forgási eredetű fényváltozásra geometriai modellt állít fel. Ez rendszerint egy alapintenzitással sugárzó gömbön egy-két (olykor három) homogén sötét foltot tételez fel (2.6. ábra). A matematikai kezelhetőség miatt legcélszerűbb kör vagy gömbi négyszög alakú foltokkal számolni. E szükségszerűen leegyszerűsített modellből csupán néhány geometriai és fizikai jellemzőre következtethetünk, így viszonylag jól becsülhető a foltok összterülete, súlypontja, az átlagos felhőmérséklet, de nem kaphatunk pontos képet a részletes folteloszlásról, a foltok szerkezetéről (például hasonlítanak-e a napfoltokra?), és a különböző felhőmérsékletű te-



2.5. ábra. Az SV Camelopardalis aktív fedési kettőscsillag fénygörbéjének szezonális változása (PATKÓS L. 2001).

A folytonos vonal a tisztán fedési fényváltozásnak felel meg. A pontokkal ábrázolt tényleges fényességváltozás a csillagfoltok miatt ettől eltér. A fedési fényváltozásra rakódó hullám jól láthatóan előre vándorol

rületek is szükségképpen összemosódnak. A foltmodellek a fotometriai mérési hibák miatt sem adhatnak részletesebb információt a csillag felszínéről. Ezt alátámasztandó kimutattuk, hogy tetszőleges többszín-fotometriai észlelést a mérési hibán belül kielégítően lehet reprodukálni 1–2 kör alakú folttal [7.].



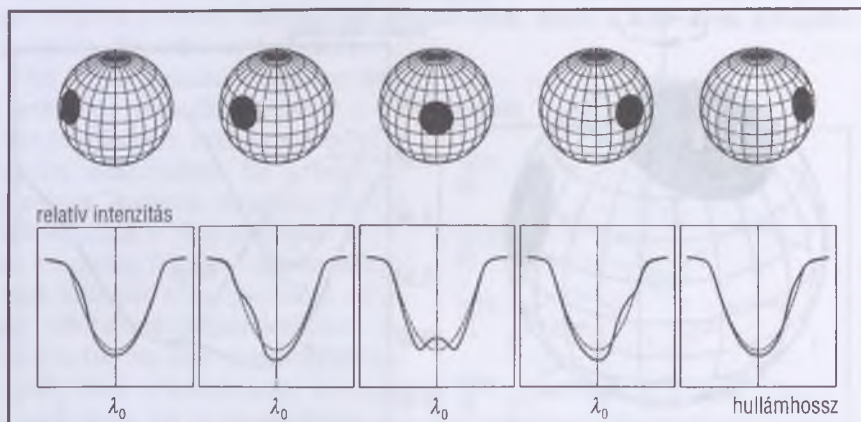
2.6. ábra. A fotometriai foltmodellezés: az észlelt fényváltozást (a jobb oldali diagram folytonos vonalát) a csillag felszínén elhelyezett foltokkal (az A és B foltoknak megfelelő szaggatott vonalak eredőjével) próbáljuk meg illeszteni

Szélessávú többszín-fotometriai észlelések szerint a színindexek fényesség-minimumkor vörösebbek, vagyis a foltos területek rendszerint hidegebbek a környező fotoszféránál. A korreláció legtisztábban a $V-I$ színindexben mutatkozik meg, s gyakran a $B-V$ -ben is. A színindex amplitúdójának modellezésével lehetőség nyílik a foltos területek hőmérsékletének meghatározására. Eszerint a foltok hőmérséklete kb. 3800 ± 1000 K. Ez az érték többnyire független attól, hogy mekkora a csillag folttalan felszínének hőmérséklete.

Spektroszkópiai módszerek

A fotometriai képalkotáshoz képest jelentős előrelépés volt a színképvonalak rotációs eredetű módosulásán alapuló módszer kifejlesztése. Ehhez azonban az aktív csillagok fotoszférájából eredő optikai spektrumvonalak, pl. az ionizálatlan vas vonalainak (6411 \AA és 6430 \AA), vagy a szintén ionizálatlan kalcium vonalának (6439 \AA) jellemző tulajdonságait kellett megismerni, amire két évtizede került sor [20.]. A 2.7. ábrán egy foltos csillag egyik spektrumvonalának változása látható a csillag tengely körüli forgása során. A vonal alján

megfigyelhető torzulás a folt területéről kiinduló fénysugarak járuléka. A tengelyforgás miatt a folt előbb közeledik hozzánk, majd távolodik tőlünk, így a színképvonalban jelentkező járuléka a Doppler-eltolódása következtében a vonal bal (kék) oldaláról a jobb (vörös) oldala felé vándorol.

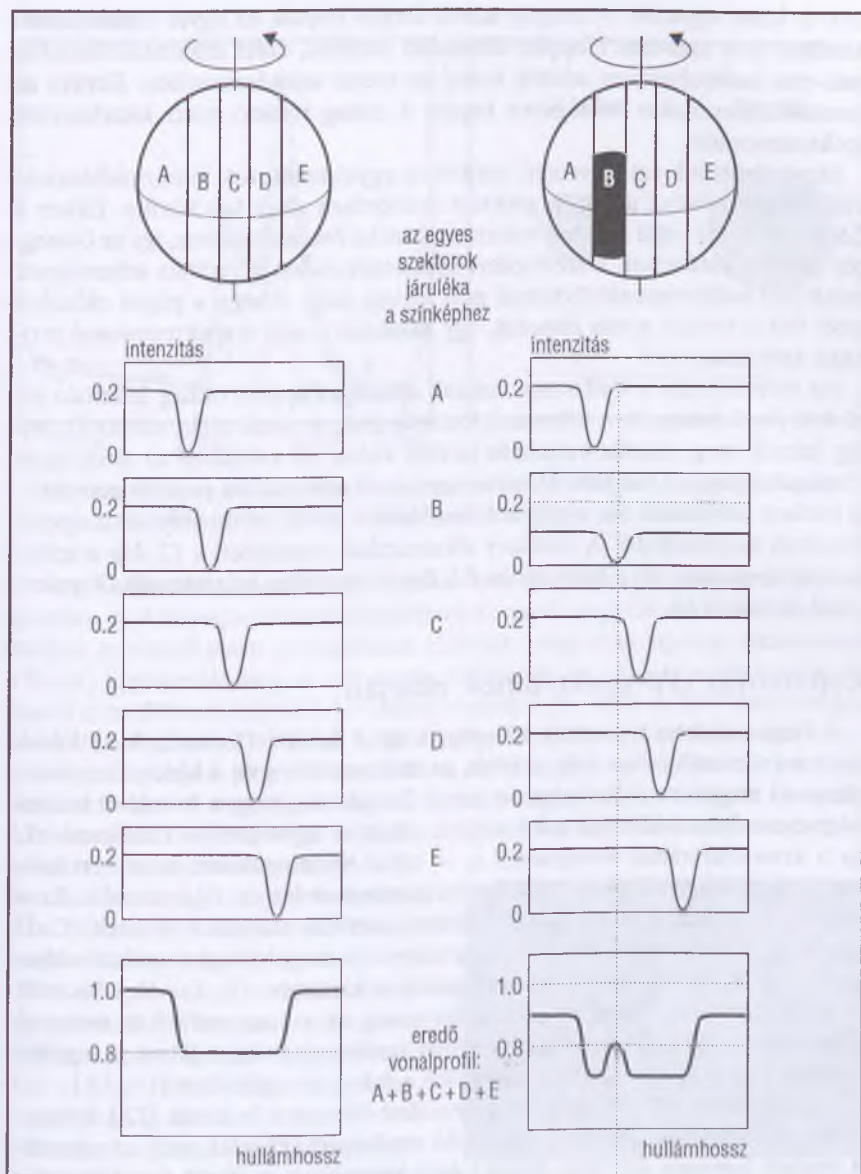


2.7. ábra. A színképvonal alakjának módosulása egy forgó csillag felszínén lévő folt következtében. Szaggatott vonallal jelöltük a folt nélküli esetben adódó vonalprofilt, folytonos vonallal pedig a folt hatására előállót

A spektroszkópiai modellezés, vagy elterjedtebb nevén *Doppler-képkalkotás* módszerét az elmúlt húsz évben folyamatosan tökéletesítették, s alkalmasságát tesztekkel igazolták. A Doppler-képkalkotás segítségével a csillagfoltok eloszlásáról sokkal jobb térbeli felbontást kaphatunk, mint a fotometriai modellezéssel. A módszer segítségével lehetőség nyílik a csillagfoltok alakjának, elhelyezkedésének, mozgásának pontosabb meghatározására, a foltok morfológiájának tanulmányozására.

A Doppler-képkalkotás azon alapul, hogy a csillag felszínének adott területéről érkező fény járuléka egy színképvonal középpontjától pontosan meghatározható hullámhossz-eltolódással jelenik meg. Egy kiválasztott hullámhossztartomány járuléka a csillag látszó korongjának egy – a rotációs tengely látóirányra merőleges vetületével párhuzamos – megfelelően keskeny sávjából (szektorából) származik.

Hogy ezt megértsük, tekintsük a 2.8. ábrát. A bal oldalon a folt nélküli csillag spektrumvonalának rotációs Doppler-szélesedését látjuk, a jobb oldalon pedig azt, hogyan hagy nyomot a felszínen megjelenő folt – pillanatnyi helyzetétől függően – a színképvonalon. A csillag korongját öt szektorra osztottuk. Mindegyik szektor hozzávetőleg azonos területű, így intenzitáshányaga



2.8. ábra. A Doppler-képkalkotás alapelve [20.] (magyarázat a szövegben)

duk is közel egyenlő. A tengely körüli forgás folytán az egyes szektorokból kiinduló fény más-más Doppler-eltolódást szenved, ezért intenzitáshányaduk más-más hullámhosszon adódik hozzá az eredő színképvonalhoz. Ezeket az intenzitáshányadokat összegezve kapjuk a csillag rotáció miatt kiszélesedett spektrumvonalát.

Most vizsgáljuk azt az esetet, amikor az egyes szektorok intenzitáshányada különbözik: például az egyik szektort felerészben sötét folt borítja. Ekkor a 2.8. ábrán B-vel jelölt szektor intenzitásjáruléka fele akkora lesz, így az összegzés során a rotációsan kiszélesedett spektrumvonalon a radiális sebességnek megfelelő hullámhossz-eltolódásnál púp jelenik meg. Ahogy a púpot előidéző sötét folt a rotáció során elfordul, úgy vándorol a púp a spektrumvonal profilján keresztül.

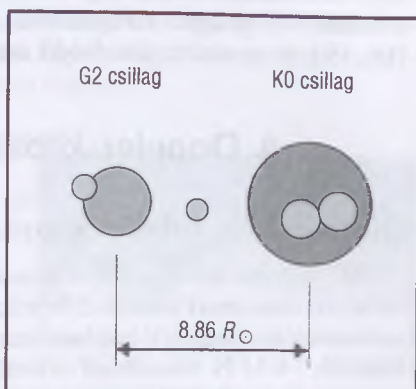
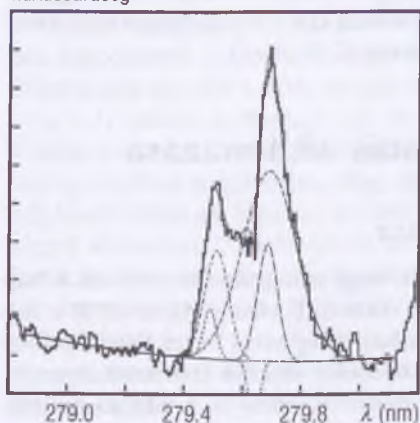
Ha történetesen a spektrumvonalunk abszorpciós, és a csillag felszínén levő folt jóval hidegebb a környező fotoszféránál, a vonal alján vándorló púp úgy jelenik meg, mintha emissziós járulék volna, de valójában az abszorpció részleges hiányáról van szó. Mivel a vonalprofil módosulása pusztán geometriai hatásra következik be, a púp a fotoszférából eredő valamennyi abszorpciós vonalban megtalálható. A módszer alkalmazását szemlélteti a 12. kép a színes mellékletben, amelyen a Nap típusú *EK Dra* törpecsillag rekonstruált Doppler-képét mutatjuk be.

Képalpalkotás UV-spektrumok alapján

A Nap esetében tapasztalt jelenség, hogy a felszíni (fotoszférikus) foltok felett a kromoszférában (sőt, feljebb, az átmeneti réteg és a korona magasságában is) megnő az ultraibolya emisszió. Ennek oka, hogy a foltokból feltörő mágneseserővonal-kötegek a fotoszférát elhagyva egyre jobban kiszélesednek, így a kromoszférában létrejönnek a — mind horizontálisan, mind vertikálisan — nagy kiterjedésű, ultraibolya tartományban fényes fáklyamezők. Ez a jelenség csillagokon is mérhető. A kromoszférikus emissziós vonalak (Ca II $H+K$, Mg II $h+k$, C IV, $H\alpha$) fluxuserősségének tengelyforgási eredetű változásait már sok esetben sikerült csillagokon is kimutatni [2., 13., 16.]. Sikerült továbbá kimutatni, hogy az optikai fényesség és a kromoszférikus emisszió ellentétesen változik, vagyis UV-fényben rendszerint akkor látjuk a legtöbb kromoszférikus fáklyát, amikor a legtöbb a folt a fotoszférában [11., 13.].

A nagyfelbontású UV spektrumvonalakra WALTER és társai [22.] dolgoztak ki a Doppler-képalpalkotáshoz hasonló modellezési eljárást, mely az emissziót mutató források (fáklyák, flerek) által kibocsátott sugárzás tengelyforgásból eredő Doppler-eltolódásán alapul. A kromoszférikus emissziós vonalakra kidolgozott Doppler-képalpalkotás során az időben egymás után felvett spektru-

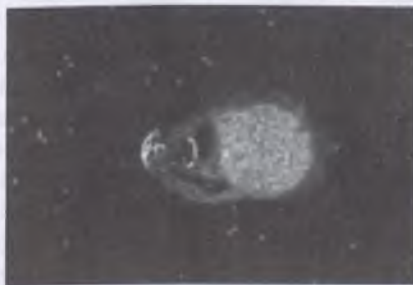
fluxussűrűség



2.9. ábra. Balra egy AR Lacertae-ről készített és összetevőire bontott magnéziumvonal (Mg II k) látható, jobbra a kettős rendszer rekonstruált vázlata [11.].

mokat összetevőikre bontjuk, ily módon leválasztható a kromoszféra alapsugárzása, és a vonalprofilban azonosítható az egyéb sugárzó források járuléka, melyek a rotáció miatt periodikusan (fáklyák) vagy csak egy-egy alkalommal (flerek) figyelhetők meg. A 2.9. ábrán példaként az AR Lac aktív kettőscsillagról e módszerrel készített UV-képet mutatjuk be, mely az IUE mesterséges hold által rögzített, 2795 Å-nél található Mg II k spektrumvonal sorozata alapján készült [11.]. A jobb oldalon látható az 51 spektrum alapján rekonstruált rendszer rajza. A kisebbik csillag G2 törpe, a nagyobbik K0 óriás. A kompakt UV források közül három a csillagokon lévő kromoszférikus fáklyáknak felel meg, a rendszer tömegközéppontjában található negyedik forrás pedig a két csillag között végbemenő tömegcserére utal (vö. a 2.10. ábrával).

A fotoszférára és a kromoszférára jellemző inhomogén szerkezet a korona magasságában is megjelenik. Ezt a tényt erősíti, hogy röntgentartományban is sikerült forgási eredetű változásokat kimutatni [21.]. Az aktív csillagok forró, kiterjedt koronájában strukturált mágneses terek, óriási hurrokprotuberanciák találhatók. A protuberanciáknak a Nap esetében jól is



2.10. ábra. Az AR Lac kettőscsillag közös kromoszférája: a csillagokat mágneses hurkok mentén rendeződő plazmaívek kötik össze (fantáziarajz) [26.]

mert hurokszerkezete szoros kettősöknél jóval bonyolultabbá válik, ugyanis számolni kell az egyes komponensek egymással kölcsönható mágneses terével [18., 19.], és az emiatt felerősödő aktivitással (2.10. ábra).

A Doppler-képalkotás alkalmazása

Differenciális rotáció kimutatása

Több közvetett bizonyíték szól amellett, hogy csillagokon is működik a Nap esetében megismert felszíni differenciális rotáció. E bizonyítékok közül a legnyilvánvalóbb, hogy UV-hullámhosszon a Nap átlagosan 11 éves foltciklusához hasonló, 7–14 év hosszúságú aktivitási ciklusokat sikerült kimutatni olyan fősorozati K és M spektráltípusú törpék esetében, amelyek a látható hullámhosszakon – a Naphoz hasonlóan – gyakorlatilag nem mutattak forgási eredetű fényváltozást [23.]. Ebből a Napon megismert mágneses dinamó jelenlétére következtethetünk, amelynek egyik feltétele a differenciális rotáció. Az *RS CVn* típusú kettősök fénygörbéin megfigyelt migrációs hullám (2.5. ábra) jelenségére szintén a differenciális rotáció adott magyarázatot.

További érdekes megfigyelés, hogy magányos, gyorsan forgó (néhány nap periódusú), aktív csillagok tengelyforgási ideje az évek során kissé ingadozik. Mivel a forgó csillag periodikus fényváltozását a csillag felszínén megjelenő foltok okozzák, a differenciális rotáció miatt a periódus kissé változhat aszerint, hogy egy-egy domináns folt vagy foltcsoport a csillag mely részén, mely szélességi kör mentén jelenik meg. A közvetett bizonyítékok után most lássunk egy példát arra, hogyan használható a Doppler-képalkotás a differenciális rotáció kimutatására, esetleg mérésére!

A Nap esetében már a XIX. században kimutatták, hogy a napfoltok mozgása jelzi a differenciális rotációt [1.]. Várható tehát, hogy a foltok mozgásából a csillagok esetében is kirajzolódik a differenciális rotáció nyoma. A legegyszerűbb az adott csillagról különböző időpontokban készített Doppler-képek összehasonlítása, megvizsgálva, hogyan változott eközben a felszín. Ezzel a módszerrel először az *Ei Eri* kettős rendszer aszimmetrikus poláris foltjáról mutatták ki, hogy az más periódussal forog, mint a kettős rendszer keringési ideje [6.]. (Könnyebb a dolgunk, ha a vizsgált foltos csillag szinkron keringésű kettős rendszer tagja, ekkor ugyanis a rendszer keringési ideje pontos óráként szolgál az összehasonlításhoz, így akár egyetlen domináns folt eltérő forgási periódusából is következtetni lehet a differenciális rotáció mértékére.)

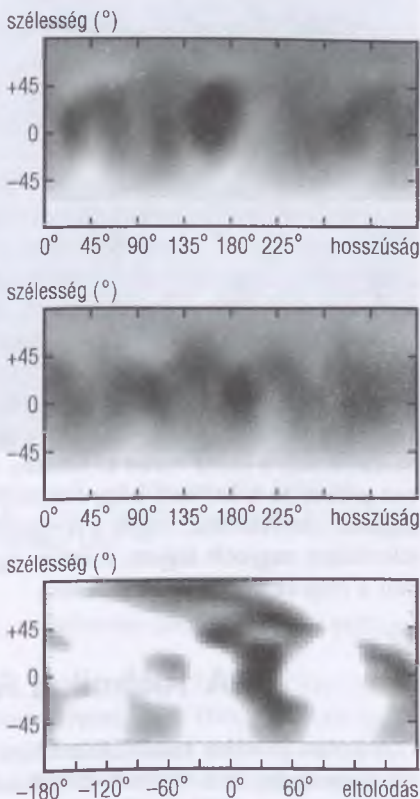
Ha egy csillagról sikerül két, egymástól időben nem túl távoli Doppler-képet készítenünk, akkor e képek összehasonlításából (matematikai keresztkorreláció-

ójából) közvetlenül is megkaphatjuk, hogyan függ a csillag felszínének forgási periódusa a szélességtől. Az időbeli közelség azért fontos, hogy a foltok időbeli fejlődéséből eredő hatás minél kisebb legyen, vagyis a megváltozott folteloszlás oka egyedül a differenciális rotáció legyen.

A 2.11. ábrán a Naphoz sok tekintetben hasonló, de kb. tizennyolcszor gyorsabban forgó törpecsillag, az *LQ Hya* felszínének húsz nap különbséggel elkészített Doppler-képei láthatók, az ábra alsó részén pedig a két kép keresztkorrelációja. A korrelációs sáv lefutását $\sin^2 \beta + \text{állandó}$ függvényvel illesztve a differenciális rotációra az $\Omega(\beta) = 3.9 - 0.075 \sin^2 \beta$ [radián/nap] összefüggést kaptuk [10.], ahol β a csillagrajzi szélesség a csillag egyenlítőjétől mérve, Ω pedig a szögsebesség.

A kapott eredmény alig egytizede a Napon mért értéknek, az *LQ Hya* forgása tehát inkább a merev testekéhez hasonlít. Ugyanakkor a sokkal gyorsabb tengelyforgás miatt a dinamóhatás még így is jóval hatékonyabban működhet, mint a Napban. A plazmában fellépő nyíró hatásokat szokás úgy is összehasonlítani, hogy megnézzük, hány nap alatt „körözi le” a maximális rotációs sebességű szélességi öv (vagyis ezúttal az egyenlítő) a leglassabban forgó zónát (esetünkben a pólust). Az *LQ Hya* esetében ez kb. 80 nap alatt következik be, amely másfélszer nagyobb nyíró hatást jelent, mint amekkorát a Napon mérünk.

Ezzel a módszerrel sikerült már néhány foltos csillagra meghatározni a differenciális rotációt leíró függ-



2.11. ábra. Fent és középen: Doppler-képkalkotás az *LQ Hya* törpecsillag felszínéről 2000. április 8-án és 28-án a Fe I – 6411 vonalának felhasználásával, pszeudo-Mercator vetületeben ábrázolva.

Lent: a két Doppler-kép kereszt-korrelációja, amelynek sötét tartományai mutatják a legjobban korreláló helyeket. Látható, hogy az egyenlítői tartomány a pólushoz képest „előre siet”

vényt. Az is kiderült, hogy létezik a Napétól jelentősen eltérő differenciális rotáció is, amikor nem az egyenlítői sáv forog a leggyorsabban [8].

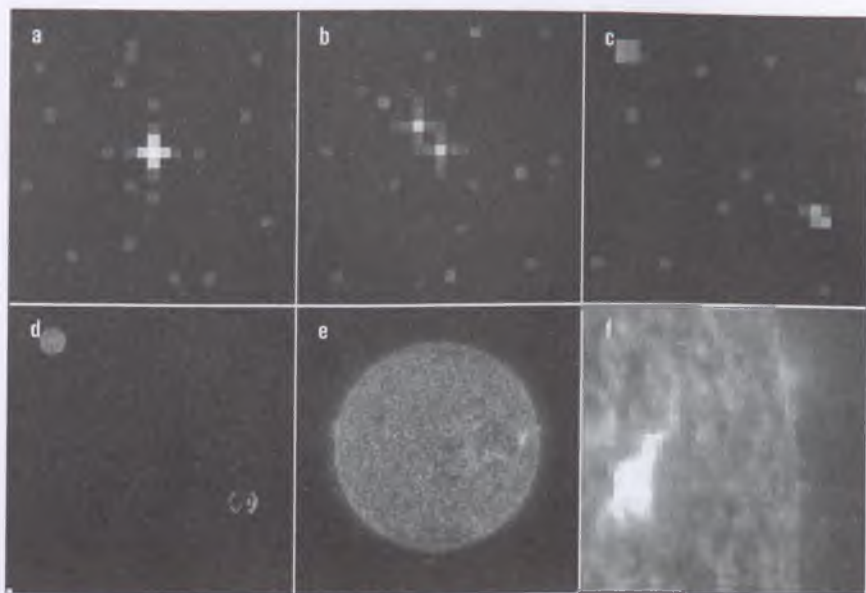
Az exobolygók kutatása

A Naprendszeren kívüli bolygók, bolygórendszerek keresése a csillagok felszínének megfigyelésétől látszólag távol eső kutatási terület. A Doppler-képkalkotásnak azonban e területen is hasznát lehet venni. Ha más egyéb módszerrel (például radiálissebesség-mérésből, fotometriai mérések alapján) megjósolható, hogy egy központi csillag előtt, adott időpontban átvonul egy bolygó, akkor a Doppler-képkalkotással mint független módszerrel az eseményt megerősíthetjük, sőt, lehetőség nyílik a fedést okozó bolygó (vagy más égitest: fehér törpe, barna törpe) méretének pontos meghatározására is. A csillag korongja előtt megjelenő sötét égitest ugyanis nagyon hasonló változást idéz elő a spektrumvonalakon, mint egy vele megegyező méretű csillagfelszíni folt. A jelenlegi nagytávcsövek technikai paramétereit figyelembe véve kiszámítható a látható fény tartományában elérhető határfelbontás. Eszerint ha a Napot és bolygóit egy másik csillag távolságából, Doppler-képkalkotással vizsgálnák, akkor a Nap méretének 4–5%-át meghaladó bolygók hatását (a Jupitert és a Szaturnuszt) a fedés során ki lehetne mutatni a Nap színképvonaláiban. (Ehhez persze az is kellene, hogy teljesüljön a Doppler-képkalkotás alkalmazhatóságának alapfeltétele, vagyis a tengelyforgásból eredő vonalszélesedés ($v \sin i$) jelentősen nagyobb legyen, mint az egyéb vonalszélesedési hatások. Ez azonban a Nap esetében nem áll fenn.)

A technikai fejlődés irányai

A közeli jövőben mind a közvetlen, mind pedig a közvetett képkalkotás terén komoly fejlődés várható. Utóbbinál a földi légkör zavaró hatása üreszközök használatával kiküszöbölhető. A tökéletesedő technika egyre jobb idő- és hullámhosszfelbontást tesz lehetővé, amely a közvetett képkalkotás fejlődését is maga után vonja.

Néhány éve már idősorba tudjuk rendezni a hosszú időtartamú, folyamatos észlelésekből kapott Doppler-képeket, ezáltal a felszíni foltaktivitást folyamatosan tudjuk tanulmányozni. A hasonló vizsgálatokhoz szükséges nagy tömegű észlelési anyag összegyűjtése sok távcsőidőt és észlelőmunkát igényel. Ezt fogja megkönnyíteni a Kanári-szigeteken felállított, teljesen automata üzemmódban működő *STELLA I–II* spektroszkópiai és fotometriai teleszkóppár,



2.12. ábra. A Capella felszíne röntgenfényben, a $0''.1$ -es felbontástól a MAXIM mikro-ívmásodperces határfelbontásáig. Ma még csupán „képzeletbeli utazás”, két évtized múlva talán már valóság [26.]

melyhez jelenleg a szoftvereket fejlesztik, s várhatóan 2004-ben már a csillag-felszínek kutatását szolgálhatja [17.].

Az interferometria elvén működő eszközrendszerek (ESO–VLTI; CHARA, Mount Wilson, USA) maximális felbontóképessége $0''.0002 - 0''.0005$ lesz, ami optikai hullámhosszon fél nagyságrenddel meghaladja a Hubble-űrtávcső felbontását. A földi légkör zavaró hatása azonban ezeknél a rendszereknél is korlátot jelent. Megoldást nyújthatna egy űrbe telepítendő interferométer, amely viszont komoly költsége mellett még számos műszaki problémát is felvet (pl. az egyes távcsövek stabil alakzatban tartása). Ugyanakkor a NASA-nál már dolgoznak egy ilyen eszköz a MAXIM Pathfinder fejlesztésén. A tervek szerint talán tíz éven belül felbocsátanak két műholdból álló röntgen-interferométert is. Az egyik elem az optikai rendszert tartalmazná, míg tőle 450 m távolságban, a másikon kapna helyet a detektor. Ennek felbontása röntgentartományban elérné a 10^{-4} ívmásodpercet! Ez azonban csupán egy jóval merészebb vállalkozás első állomása, ugyanis a Maxim második szakaszában (legkorábban a 2020-as években) felbocsátának egy olyan műholdakból álló röntgen-interferometriai rendszert, melynek optikai bázisát egy 200 m átmé-

rőjű kör mentén elhelyezett, 32 műholdból álló kötelék alkotná, a detektor pedig ezektől 5000 km távolságban lenne. Ezzel akár a 10^{-7} ívmásodperces felbontás is elérhető!

Hogy ez mit jelent valójában, annak szemléltetésére vessünk pillantást a 2.12. ábrára, amelynek segítségével képzeletbeli utazást tehetünk a Naptól 42 fényév távolságra levő *Capellához*. A Capella a távcső keresőjében 0'.1 felbontással egyetlen fénypontként megjelenő kettőscsillag (a), amely két óriás komponensből áll. Mindkettő átmérője közel tízszerese a Napénak, a forróbb csillag felszíni hőmérséklete megegyezik a Napével, de röntgenfényessége tízezerszer nagyobb. Egy nagyságrenddel jobb felbontással (b) már megkülönböztethetők a kettőscsillag komponensei. Ha a csillagokat a Hubble-űrtávcső felbontásával (10^{-3} ívmásodperc) vizsgáljuk, felszínük részletei még nem láthatók (c). A jövőben a Maxim Pathfinder felbontásával (10^{-4} ívmásodperc) nagyobb részletgazdagsággal tanulmányozható a csillag korongja (d). A 10^{-5} ívmásodperc felbontás megfelel a Doppler-képzéssel jelenleg elérhető legjobb közvetett effektív felbontásnak (e). Ha azonban a Maxim projekt második szakasza is megvalósul, akkor a Capella röntgenaktív felszínét közvetlen módon, 10^{-6} ívmásodperc felbontással vizsgálhatjuk (f).

Irodalom

- [1.] BOULLIAU, I.: *Ad Astronomos Monita Duo*. Paris, 1667.
- [2.] DOYLE, J. G.–BUTLER, C. J.–BYRNE, P. B. és társaik: *Astronomy & Astrophysics*, 1989, **223**, 219. o.
- [3.] GILLILAND, R. L.–DUPREE, A. K.: *IAU Symposium*, 1996, **176**, 165 o.
- [4.] GUNN, A. G.–MITROU, C. K.–DOYLE, J. G.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1998, **296**, 150 o.
- [5.] HALL, D. S.: in: *Multiple Periodic Variable Stars*, IAU Colloquium, 1975, No. 29, Budapest, Akadémiai Kiadó, 287. o.
- [6.] HATZES, A.–VOGT, S. S.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1992, **258**, 387. o.
- [7.] KÖVÁRI, ZS.–BARTUS, J.: *Astronomy & Astrophysics*, 1997, **323**, 801. o.
- [8.] KÖVÁRI, ZS.–STRASSMEIER, K. G.–BARTUS, J. és társaik: *Astronomy & Astrophysics*, 2001, **373**, 199. o.
- [9.] KÖVÁRI, ZS.–PAGANO, I.–NEFF, J. és társaik: in: *11th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun*, ASP Conference Series, 2001, **223**, CD-1262.
- [10.] KÖVÁRI ZSOLT: in: *2nd Workshop of Young Researchers in Astronomy & Astrophysics*, 2002, Eötvös University, Budapest, PADEU Vol. 12, 123. o.

- [11.] LINSKY, J. L.: in: *Activity in Red Dwarf Stars*, Proceedings of the IAU Colloquium 71, 1983, Dordrecht, Reidel, 39. o.
- [12.] MESSINA, S.–RODONÒ, M.–GUINAN, E. F.: *Astronomy & Astrophysics*, 2001, **366**, 215. o.
- [13.] NEFF, J. E.–WALTER, F. M.–RODONÒ, M.–LINSKY, J. L.: *Astronomy & Astrophysics*, 1989, **215**, 79. o.
- [14.] PATKÓS LÁSZLÓ: személyes közlés, 2001.
- [15.] RODONÒ, M.: in: *Achievements in Space Astrophysics*, Advances in Space Research, 1983, No. 9, 225. o.
- [16.] STRASSMEIER, K. G.–FEKEL, F. C.–BOPP, B. W. és társaik: *Astrophysical Journal Supplement Series*, 1990, **72**, 191. o.
- [17.] STRASSMEIER, K. G.–GRANZER, T.–WEBER, M. és társaik: in: *Proceedings 1st Potsdam Thinkshop on Sunspots and Starspots*, 2002, Potsdam, 11. o.
- [18.] UCHIDA, Y.–SAKURAI, T.: in: *Activity in Red Dwarf Stars*, Proceedings of the IAU Colloquium 71, 1983, 629. o.
- [19.] VAIHA, M. N.: *Astronomy & Astrophysics*, 1995, **300**, 158. o.
- [20.] VOGT, S. S.–PENROD, G. D.: *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 1983, **95**, 565. o.
- [21.] WALTER, F. M.–GIBSON, D. M.–BASRI, G. S.: *Astrophysical Journal*, 1983, **267**, 665. o.
- [22.] WALTER, F. M.–NEFF, J. E.–GIBSON, D. M. és társaik: *Astronomy & Astrophysics*, 1987, **186**, 241. o.
- [23.] WILSON, O. C.: *Astrophysical Journal*, 1978, **226**, 379. o.
- [24.] YOUNG, C. A.: *The Sun*, 1887, Appleton & Co., New York.
- [25.] science.nasa.gov.
- [26.] maxim.gsfc.nasa.gov/docs/presentations.

Kiss Csaba–Ábrahám Péter

Az infravörös égi háttér

Bevezetés

Ha felhőtlen és holdtalan éjszakán, fényszennyezéstől mentes helyen felnézzünk az égre, az első dolog, amit észreveszünk, az a városi égen nem látható rengeteg csillag. A második, ami szemünkbe ötlik, a csillagok közötti égi háttér sötétsége a fényes városi éghez képest. Jobban megfigyelve az égi hátteret, észrevehetjük, hogy amit első pillantásra sötétnek láttunk, valójában nem is annyira az, hiszen fényesebb, mint az éjszakai tereptárgyak. Ez a csillagok közötti „üres” tér – az égi háttér – még a legjobb megfigyelőhelyekről sem igazán sötét. Az emberi szem által érzékelhető vizuális színképtartományban az égi háttér legnagyobb részét a légkör porszemcséin szóródó természetes (holdfény) vagy mesterséges fény okozza. A másik fontos összetevőt az adja, hogy a légkörnek a napsugárzás által napközben gerjesztett molekulái gerjesztettségüket részben éjszaka veszítik el, vizuális tartománybeli fotonokat kisugározva (airglow). Égi háttér azonban még a légkörön kívül is van: itt a legfontosabb hatás (a Tejút sávjától eltekintve) a Naprendszerben található bolygóközi poron szóródott napfény, az *állandó fény*.

Az égi háttér a látóirány mentén általában több összetevőből áll. Ezek a komponensek lehetnek valóban diffúzak, mint pl. a Tejútrendszer gázfelhői, és összeállhatnak olyan források fényéből, amelyeket csak az adott mérőrendszerrel nem sikerült egyedi objektumokra felbontani. Erre példa a Tejút, amelyet valójában milliárdnyi halvány csillag alkot. Az emberi szem nem képes őket külön-külön megfigyelni, de összeadódó fényük már elég ahhoz, hogy halvány, fénylő sávot varázsoljon az éjszakai égre. Ahhoz, hogy egy forrást önállóan meg tudjunk figyelni, két feltételnek kell teljesülnie: egyrészt elég fényes legyen az adott mérőrendszer határfényességéhez képest (*fotometriai kritérium*), másrészt a mérőrendszer térbeli felbontásánál távolabb legyen tőle a legközelebbi olyan másik forrás, ami szintén fényesebb, mint a mérőrendszer határfényessége (*forrássűrűség-kritérium*). Hogy melyik a fontosabb szempont, az a mérés hullámhosszától és a mérőrendszer jellemzőitől függ. A Tejút esetében a fotometriai kritérium a döntő: bár a Tejútban nagyon nagy a csillagsűrűség, a csillagok többsége az emberi szem számára megfigyelhetetlenül

halvány (a határfényesség alatt vannak), a fényesebb, megfigyelhető csillagok azonban ehhez képest nagyon ritkák, és csak kivételes esetben fordulnak elő egymás közvetlen közelében.

A fentiekből következik, hogy az égi háttérhez a legkülönbözőbb objektum-típusok járulhatnak hozzá, a bolygókői porszemcséktől kezdve a korai Univerzum távoli égitestjeiig. Bizonyos összetevők már régóta érdeklődést keltettek, például az állatövi fény leírását és eredetének máig helytálló magyarázatát J. D. CASSINI adta meg a 17. században. A Naprendszeren kívüli eredetű fényes csillagháttér hiányára mint megmagyarázandó problémára pedig OLBERS német csillagász irányította rá a figyelmet. Híres paradoxona azt veti fel: ha a Világegyetem térben végtelen és örök időtől fogva létezik, akkor bármerre nézzünk is az égen, a látóirányban húzott egyenes előbb-utóbb egy csillag felszínén végződik, ezért az éjszakai égboltnak mindenfelé a napkorong fényességével kellene ragyognia. A paradoxon csak a 20. századi kozmológia keretei között vált feloldhatóvá: a Világegyetem nem létezett öröktől fogva, hanem az Ősrobbanással kezdődött. Más háttérkomponensek, melyeket az utóbbi évtizedekben fedeztek fel, szintén a Világegyetem nagyléptékű szerkezetével és fejlődésével hozhatók kapcsolatba (pl. a 2,7 K hőmérsékletű mikrohullámú háttérsugárzás).

Az égi háttér vizsgálata fontos és más módon elérhetetlen információkat nyújt a csillagászat legkülönbözőbb területeinek a Naprendszer kutatásától a kozmológiáig. Ehhez azonban előbb szét kell választani a háttér összetevőit, ami a legtöbb esetben komoly nehézséget jelent. Továbbá, minden észlelő csillagász – akár érdeklődik az égi háttérrel létrehozó fizikai folyamatok iránt, akár nem – találkozik azzal a problémával, hogy a mérendő égi forrás fényességét csak bizonyos pontossággal tudja meghatározni a háttérmérés bizonytalansága miatt. A háttér értéke – kis mértékben – minden égi pozícióban más és más, s minthogy ezt a változást nem tudjuk teljes pontossággal megjósolni, az égi források fényességét sem tudjuk pontosan meghatározni. Ezt a mérési bizonytalanságot *konfúziós zajnak* nevezzük. A konfúziós zaj minden hullámhosszon fellép, de részben technikai, részben asztrofizikai okok miatt az infravörös és szubmilliméteres hullámhosszakon a legfontosabb. Akár valóban diffúz, akár forrásokból áll a háttér, mindenképpen hozzájárul a konfúziós zajhoz. Ha a háttér forrásokból áll, és azok véletlenszerűen oszlanak el az égen, akkor két, általunk kiválasztott területen nem pont ugyanannyi forrást találunk (*Poisson-statisztika*), emellett még az egyes források fényessége sem feltétlenül azonos. Emiatt a két területen a források összeadott fényessége sem lesz pontosan ugyanakkora. Az ilyen eltéréseket nevezzük a háttér fluktuációinak. Diffúz háttér esetében nagyon hasonló a helyzet, csak ott nem az egyedi források számának különbözősége okozza a fluktuációkat, hanem a térbeli szerkezet egyenetlenségei.

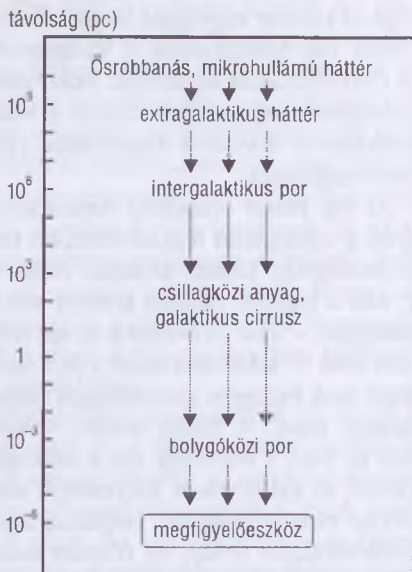
A konfúziós zaj a mérések pontossága szempontjából végső határ: ellenében más típusú zajokkal (pl. műszerzaj, fotonzaj), az integrációs idő növelésével a jel/zaj arány nem javítható, hiszen a konfúziós zaj maga is jel, az égi háttértől származó jel. A háttérsugárzás vizsgálata a modern csillagászat egyik nagyon tág területe. Éppen emiatt szükséges e cikk témáját leszűkítve az infravörös háttérre korlátozni. Az infravörös háttér vizsgálatával az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézete is foglalkozik, együttműködve finn és német csillagászati intézetekkel. A vizsgálatokhoz felhasznált mérési adatok jelentős része az *Infrared Space Observatory* (ISO) mesterséges holdról származik¹.

Az infravörös égi háttér összetevői

Infravörösnek nevezzük a látható fénynél valamivel nagyobb — nagyjából az $1\text{--}400\ \mu\text{m}$ közötti — hullámhosszú elektromágneses sugárzást. Az infravörös, más néven hő-sugárzás eredete a legtöbb esetben viszonylag hideg (néhány száz kelvin-nél hidegebb) objektumok feketetest-sugárzása.

Az infravörös megfigyelések nagy része a légkör igen erős elnyelő hatása miatt nem végezhető a Föld felszínéről. A $\sim 20\ \mu\text{m}$ -nél hosszabb hullámhosszak tanulmányozása csak a légkörön túlra emelt megfigyelőeszközökről, azaz műholdakról lehetséges. Egy infravörös űrtávcső számára az égi háttér a következő összetevőkből áll (3.1. ábra):

1. A bolygóközi por infravörös sugárzása, az *infravörös állatövi fény*, amely miatt az infravörös égi háttér az égbolt legnagyobb részén igen erős a megfigyelendő források fényességéhez képest.



3.1. ábra. Az infravörös égi háttér komponensei egy légkörön túlra helyezett megfigyelőeszköz esetében (részletes magyarázat a szövegben)

1. Az ISO-ról a *Csillagászati évkönyv 2001* 260. oldalán található összefoglaló

2. Rövidebb infravörös hullámhosszakon a Tejútrendszer csillagainak sugárzása is jelentősen hozzájárulhat az égi háttérhez. A közönséges csillagok – színük alapján – könnyen megkülönböztethetők például a távoli galaxisoktól.
3. Hosszabb (30–300 μm) hullámhosszakon a Tejútrendszer hideg csillagközi anyagában található por infravörös sugárzása (*galaktikus cirrusz emisszió*).
4. A galaxisok Tejútrendszert is magában foglaló *Lokális csoportjának* tagjai között található galaxisközi por infravörös sugárzása. Nem új keletű az a feltetelezés, hogy a galaxisok közötti térben is található por, és az mérhető infravörös sugárzást produkál, de csak néhány évvel ezelőtt sikerült ezt valóban megfigyelni távoli infravörös hullámhosszakon, első alkalommal a Coma galaxishalmazban az ISO/ISOPHOT C200-as kamerájával² [10.]. A mérések szerint a Tejútrendszer környezetében található galaxisközi por sugárzása elhanyagolható az infravörös égi háttér többi komponenséhez képest.
5. Az extragalaktikus háttér infravörös része, a *kozmosz infravörös háttér*, a mérőrendszer által fel nem bontott, távoli galaxisok összeadódó fénye.
6. A *kozmosz mikrohullámú háttér*, amely különbözik a kozmosz infravörös háttértől (lásd később), és rövidebb hullámhosszú része „átlóg” az infravörös tartományba is, ahol a két összetevőt meg kell különböztetni egymástól. Ez a hatás csak a 300 μm -nél hosszabb hullámhosszakon jelentős.

Az infravörös égi háttér megfigyeléséhez alapvető követelmény a távcső (és az azt szállító mesterséges hold) saját hősugárzásának minimalizálása, azaz lehűtése 0 K közelébe. Fontos továbbá a fényes naprendszerbeli égitestekről (Föld, Hold, Nap, fényesebb bolygók) a mérőműszerbe kerülő, és a távcső alkatrészein/optikai elemein szóródó *kóborfény* kivédése. Nem megfelelő optikai tervezés esetén ugyanis a kóborfény akkor is zavaró mértékű lehet, ha maga a távcső a kóborfényt okozó égitesttől egészen eltérő irányba néz.

Az infravörös égi háttér három legfontosabb összetevője az állatövi fény, a galaktikus cirrusz emisszió és az extragalaktikus komponens. Ezekkel most részletesebben is foglalkozunk.

Az állatövi fény

Az állatövi fény elnevezés arra a szabad szemmel látható halvány derengésre vonatkozik, amely napkelte előtt vagy napnyugta után tűnik fel a Nap közelében. A jelenséget a napfénynek a bolygóközi tér porszemcséin való szóródása okozza. Az infravörös csillagászatban azonban állatövi fénynek ugyanezen

2. Csillagászati évkönyv 2001, 272. o.

porszemcsék hősugárzását nevezzük, amellyel az elnyelt napfényt sugározzák vissza. A porrészecskék kitöltik a belső Naprendszer, olyan porfelhőt alkotva, amelynek külső határa nagyjából a kisbolygóöv, össztömege pedig mindössze $10^{16} - 10^{17}$ kg, ami megegyezik egy nagyobb üstökös tömegével. Az ebből kiszámítható rendkívül alacsony sűrűség ellenére a bolygóközi porfelhő által elnyelt, majd visszasugárzott energia hatására az infravörös ég fényes a $3 - 70 \mu\text{m}$ hullámhossztartományban. A napfény szórása és elnyelése azonban fokozatosan csökkenti a porszemcsék keringési sebességét (*Poynting–Robertson-effektus*³), ezért az egyes szemcsék néhány tízezer év leforgása alatt a Napba hullanak. A porutánpótlás legvalószínűbb forrása a kisbolygók és üstökösök feldarabolódása.

Mivel a Föld a bolygóközi porfelhő belsejében kering, számos közvetlen mód is létezik a felhő tanulmányozására. A porszemcsék a Föld légkörével való találkozásuk során mint meteorok lesznek megfigyelhetők, így az optikai és radarral történő meteorészlelések, meteoritok gyűjtése, porrészecskék befogása űrszondák által, vagy a holdi mikrokráterek analízise mind-mind információt szolgáltatnak a felhőről. Vannak azonban olyan fontos kérdések, melyekre csak az infravörös állatövi fény megfigyelésével várhatunk választ.

A felhő nagyléptékű szerkezete

A Föld keringése során változó szögből látjuk a felhő egyes részeit, ezt kihasználva az állatövi fény évszakos változásaiból kikövetkeztethető a nagyléptékű struktúra. Az eddigi legpontosabb modell a *COBE* (Cosmic Background Explorer) mesterséges hold fedélzetén elhelyezett *DIRBE* (Diffuse InfraRed Background Explorer) műszer mérésein alapul, a hőmérséklet-eloszlást pedig az ISO spektrofotométere határozta meg⁴.

Friss por a felhőben

Említettük, hogy a Nap környezetében az egyes porszemcsék élettartama véges. Úgy gondoljuk, hogy a por utánpótlása néhány jól meghatározott forrásból ered, majd a friss por valamilyen módon elkeveredik a teljes felhőben. A forrásokra az állatövi fény térbeli szerkezetéből következtethetünk. A 3.2. ábra az Encke-üstököst mutatja az ISO kamerájával készített felvételen [9.]. Az üstökös által kibocsátott gázt és apró szemcséjű port a napszél a Nappal ellentétes irányba kifújja (az ábrán felfelé). A nagyobb szemcsék azonban követik az üstökös eredeti pályáját (a vízszintessel mintegy $20 - 30$ fokot be-

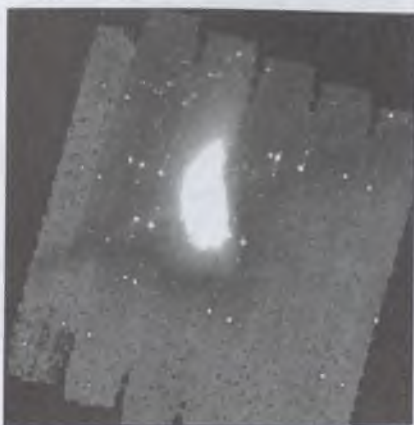
3. A Poynting–Robertson-effektus magyarázata CSIZMADIA SZILÁRD: *Meteorcsillagászat* című cikkében olvasható.

4. *Csillagászati évkönyv 2001*, 260. o.

záró keskeny sáv az ábrán), és idővel szétszóródnak a teljes pálya mentén. A Föld keringése során néha keresztez egy-egy ilyen üstökőspályát, ekkor meteorhullást láthatunk.

A bolygóközi porfelhő másik forrása a kisbolygók ütközéseiből származó „törmelék”. Ennek fontosságára szintén az állatövi fényben megfigyelt struktúrák hívták fel a figyelmet (5. kép a színes mellékletben) [8.].

Bár a friss por forrásait azonosítottuk, messze vagyunk még annak megértésétől, hogyan keverednek el olyan hatékonyan a szemcsék az egész felhőben. Az állatövi fény térbeli eloszlása az egész égen hihetetlenül sima, az ISO műholddal végzett vizsgálataink az említett üstökös- és kisbolygósávokon kívül sem kisléptékű szerkezetet, sem a por inhomogenitásaira utaló spektrális változásokat nem mutattak ki.



3.2. ábra. Az Encke-üstökös infravörös képe. Az ISO mesterséges hold felvétele

Méret és összetétel

Az állatövi fény 2–15 μm -es tartományban kapott színekéből következtethetünk a porszemcsék méreteloszlására és ásványi összetételére. Bár ezek az adatok megkaphatók az egyes begyűjtött porrészecskék analizéséből is, az állatövi fény az egész felhőről szolgáltat információt, míg a meteoritok vizsgálata csak a földpálya környezetét mintavételezi. Az ISO műholddal végzett megfigyeléseink alapján [5.] a felhő viszonylag nagy, 100 μm –1 mm közötti méretű porrészecskékből tevődik össze. Az üstökösök által betáplált kisebb porszemcsék – amelyek tisztán megfigyelhetők voltak például a *Hale–Bopp-üstökös* környezetében – nagyon gyorsan eltűnnek a rendszerből. Hozzájárulásuk még nagy ekliptikai szélességeken sem észrevehető, ahol a nagyobb inklinációjú, hosszú periódusú üstökösöktől több üstökösport várnánk.

Az állatövi fény rendkívüli egyenletessége, a térbeli struktúrák szinte teljes hiánya nagyon kedvező azoknak, akik más háttérkomponensekkel foglalkoznak, és a bolygóközi sugárzást szeretnék leválasztani adataikból. A porfelhő fizikája azonban önmagában is érdekes, a Földnek a felhő részecskéivel való



3.3. ábra. Így látta az IRAS műhold 100 μm -en a déli ekvatoriális égi pólus környékén található cirrusz-mezőt

ütközése, a meteorhullás pedig önálló terület, amelyről ugyanezen kötetnek egy további cikke is szól⁵.

A galaktikus cirrusz emisszió

A galaktikus cirrusz emissziót az IRAS műhold fedezte fel 1984-ben [6.]. Nevét arról kapta, hogy megjelenése nagyon hasonlít a földi légkörben található cirrusz felhőkhöz (3.3. ábra). A szálás szerkezetű infravörös cirrusz

5. CSIZMADIA SZILÁRD: *Meteorcsillagászat*.

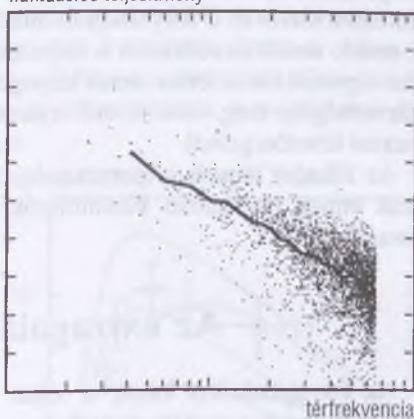
emisszió jellegzetessége – ami igen nagy meglepetést okozott felfedezésekor – hogy nem kötődik szorosan a Tejútrendszer síkjához, hanem a $60\ \mu\text{m}$ hullámhossz felett még magas galaktikus szélességeken is az égi háttér uralkodó forrása. Időközben kiderült, hogy a cirrusz emisszió a Tejútrendszer atomos hidrogént (HI) tartalmazó, kis sűrűségű ($n \simeq 20\ \text{cm}^{-3}$), felhőiben található por hőmérsékleti-jellegű sugárzása, amely $\sim 18\ \text{K}$ hőmérséklettel és $\nu^2 B_\nu(T)$ alakú sugárzási függvénnyel írható le, ahol $B_\nu(T)$ a Planck-függvény.

A cirrusz emissziót leginkább szerkezete jellemzi, amely a molekulafelhőkhöz hasonlóan, nagyjából egy fraktállal írható le. A szerkezet feltárása alapvető fontosságú egyrészt annak megértéséhez, hogy a csillagközi anyagban hogyan zajlott a csillagkeletkezés legelső lépése, az inhomogenitások, sűrűsödések kialakulása; másrészt, hogy a cirrusz emissziót el lehessen különíteni az infravörös égi háttér egyéb komponenseitől.

A szerkezet vizsgálatára a legelterjedtebb a *Fourier-módszer*. Ennek során elkészítik az infravörös égbolt vizsgálandó területének kétdimenziós Fourier-teljesítményspektrumát, és a kétdimenziós Fourier-térben kiátlagolják a kapott ugyanolyan abszolút értékű térfrekvenciákhoz tartozó teljesítmény értékeket (a térfrekvencia a távolság reciproka). A keletkező spektrum megmondja, hogy az egyes térfrekvenciákon milyen teljesítményt tartalmaznak a fluktuációk. Ez az összefüggés – visszafordítva a hagyományos tér nyelvére – lényegében azt mondja meg, hogy az átlagos intenzitások mennyire különböznek egy bizonyos iránytól adott szögtávolságra lévő más irányok esetében. Ha a vizsgált irányok közötti intenzitáskülönbség kis szögtávolságokra kicsiny, és nagyobb szögtávolságokra egyre nő, akkor a szomszédos irányok forrásai korreláltak, azaz „tudnak” egymás intenzitásértékéről. Ha azonban tetszőleges szögtávolság esetén ugyanakkora az átlagos intenzitáskülönbség, az az irányok korrelátlanságát jelenti, azaz a pixelek „nem tudnak” egymás intenzitásairól.

Ha az eloszlás teljesen véletlenszerű, mint például legegyszerűbb közelítésben a galaxisok eloszlása (Poisson-statisztika), akkor az utóbbi eset valósul meg. Minthogy a várható intenzitáskülönbség bármely két, tetszőleges távolságra lévő irány között ugyanakkora, ezért a teljesítményspektrum lapos (víz-

fluktuációs teljesítmény



3.4. ábra. Egy tipikus cirrusz-mező teljesítményspektruma

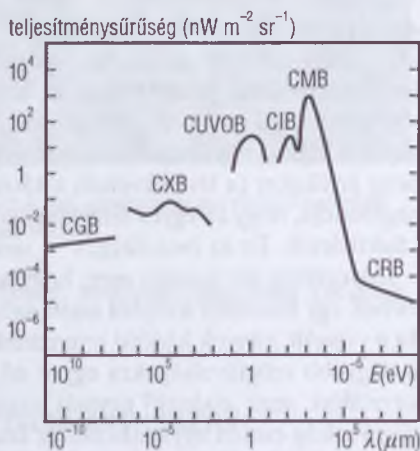
szintes egyenes) lesz. Valamilyen mértékben korrelált spektrumot sokféle térbeli szerkezet okozhat, pl. a fraktálok is. A fraktálok esetében a teljesítményspektrum hatványfüggvénnyel, logaritmikus skálán pedig egyenessel írható le. Az infravörös égi háttér komponensei közül a galaktikus cirrusz emisszió éppen ilyen szerkezetet mutat (3.4. ábra).

Bár az IRAS műhold 100 μm -es mérései azt mutatták, hogy a teljesítményspektrum az ég bármilyen, cirrusz által uralt területén ugyanolyan, az ISO műhold több hullámhosszon végzett méréseiből kiderült, hogy ez korántsincs így: a spektrum meredeksége (s így a szerkezetet leíró fraktál dimenziója) függ a hullámhossztól és a fényességtől: minél hosszabb a hullámhossz és fényesebb a mező, annál meredekebb a teljesítményspektrum [3.]. A halvány területeken ugyanakkor a térszerkezet lényegében független a hullámhossztól. Ennek jelentőségére még visszatérünk a kozmikus infravörös háttér fluktuációinak mérési lehetőségeinél.

Az állatövi fény és a cirrusz tulajdonságainak ismerete igen fontos, mert csak ennek birtokában különíthetők el egymástól az infravörös égi háttér összetevői.

Az extragalaktikus háttér

Az extragalaktikus háttér a teljes elektromágneses spektrumban kimutatható, de a jól elkülöníthető hullámhossztartományai nem pontosan esnek egybe a szokásos színeképtartományokkal, ezért a felosztása nem mindenütt követi az elektromágneses spektrum tartományaira megszokott elnevezéseket (3.5. ábra). Legintenzívebb a mikrohullámú háttér (CMB), az Ősrobbanás maradványsugárzása. Az ultraibolya és vizuális háttér (így együtt! – CUVOB) az ultraibolya hullámhosszaktól kb. 3 μm -ig terjed, magában foglalva egy keveset az infravörösből is. Az Univerzumban lévő galaxisok csillagainak összeadódó és nagy vöröseltolódást szenvedett fénye alkotja. Az infravörös háttér (3–400 μm – CIB) pedig olyan csillagfény, amit a galaxisokban található por elnyelt, majd az infravörös tartományban újra ki-



3.5. ábra. Az extragalaktikus háttér felosztása (magyarázat a szövegben)

sugárzott. A további tartományok szokásos rövidítése: CGB – kozmikus gamma-háttér, CXB – kozmikus röntgenháttér, CRB – kozmikus rádióháttér.

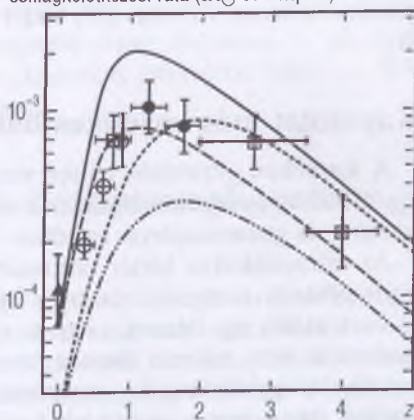
A kozmikus infravörös háttér eredete

Az infravörös háttérrel kapcsolatban az egyik legfontosabb kérdés, hogy milyen forrásból származik az energiája. A Világegyetemben két számottevő forrásból lehet energiát nyerni: magfúzióból és a gravitációs helyzeti energiából. A magfúzióra épülő energiatermelést a csillagok valósítják meg, bár nem túl hatékonyan: a magok nyugalmi tömegének mindössze 0.7%-ából lesz sugárzási energia, a valós hatásfok azonban még ennél is rosszabb, hiszen a csillagok belsejében nem minden atommag vesz részt fúziós reakciókban. Gravitációs energiatermelés például az aktív galaxismagokban történik, a magfúziónál jóval nagyobb, mintegy 10%-os hatásfokkal.

Az aktív galaxismag középpontjában található fekete lyuk felé a mag környezetéből egy anyagbefogási korongon keresztül – csillagok, illetve gáz formájában – anyag hullik be. A behulló anyag a gravitációs potenciális energia rovására felgyorsul, felforrósodik, és emiatt erősen sugároz. A legújabb eredmények alapján úgy látszik, hogy az aktív galaxismagok mintegy 10–20%-kal járulhatnak hozzá a kozmikus infravörös háttérhez, de vannak olyan távoli infravörös hullámhossztartományok, ahol járuléuk akár az 50%-ot is elérheti. Ebben a „poros” kvazároknak van legnagyobb szerepük, amelyekben az aktív galaxismagot egy óriási méretű, 50–100 K hőmérsékletű porgyűrű veszi körül, emiatt a kvazár sugárzása csak infravörös hullámhosszakon jelentős.

A kozmikus infravörös háttér további érdekes objektumai a rendkívül fényes infravörös galaxisok (Ultra Luminous InfraRed Galaxies, ULIRG). Ezek a galaxisok jóval fényesebbek az infravörösben, mint azt vizuális megjelenésük alapján várnánk. Ilyen galaxisokat először az IRAS műhold látott, és sok esetben csak az infravörös felfedezés után azonosították a galaxis vizuális megfelelőjét, többnyire rendkívül halvány, jelentéktelennek tűnő galaxisként. Pedig

csillagkeletkezési ráta ($\mathcal{M}_{\odot} \text{ év}^{-1} \text{ Mpc}^{-3}$)



3.6. ábra. A globális csillagkeletkezési ráta változása az Univerzum története során, különböző mérések és becslések alapján

ezek nagyságrendekkel több energiát tudnak kisugározni, mint a Tejútrendszer, csakhogy a bennük található por elnyeli az optikai tartományban kibocsátott fény túlnyomó részét, s azt az infravörösben sugározza vissza. Ezekben a galaxisokban általában igen aktív csillagkeletkezés folyik (ez szolgáltatja az energia nagy részét), tehát ezek egyfajta „poros” csillagotló galaxisok. Egyes becslések szerint az ilyen galaxisoktól származhat a kozmikus infravörös háttér több mint 50%-a.

A kozmikus infravörös háttérhez a legnagyobb hozzájárulást a $z = 1$ vöröseltolódás környékén található galaxisok adják. Ez nem véletlen, hiszen az Univerzum története során valahol $z = 1-2$ között (tehát a mai életkorának felénél-harmadánál) volt az egész Univerzumra vett átlagos csillagkeletkezési ráta maximuma, amely 10–50-szer akkora volt, mint amekkorát ma a közeli galaxisokban megfigyelhetünk. Ezt a csillagkeletkezést a vizuális tartományban nagymértékben elrejtí elölünk a por, viszont éppen a por miatt látjuk a csillagkeletkezést fokozottan az infravörösben, emiatt adják a $z = 1-2$ körüli galaxisok a kozmikus infravörös háttér fényének legjelentősebb részét (3.6. ábra).

Kapcsolat más kozmikus hátterekkel

A kozmikus infravörös háttér vizsgálata segít az extragalaktikus háttér egyéb hullámhossztartományainak megértésében is, elsősorban a nagyenergiás röntgen- és gamma-sugárzás esetében.

Az extragalaktikus háttér tartományai közötti kapcsolat alkalmazására az egyik példa a „röntgenháttér krízis” megoldása: A 80-as évek végén és a 90-es évek elején úgy látszott, hogy az extragalaktikus röntgenháttér megfigyelt spektruma nem rakható össze a forrását adó objektumok — főként kvazárok és aktív galaxismagok — spektrumából. Az aktív galaxismagok spektruma ugyanis lapos, míg a röntgenháttérnek erős maximuma van 30 keV energia környékén. A paradoxon megoldását ma már ismerjük: nem azok a galaxismagok járulnak hozzá legnagyobb mértékben a röntgenháttérhez, amelyeket eredetileg gondoltak, hanem azok, amelyeknél egy porgyűrű takarja el előlünk a magot. A por a kemény (nagyenergiájú) sugárzást átengedi, a lágy (alacsonyabb energiájú) röntgensugarakat viszont elnyeli, illetve szétszórja. Az elnyelt energia pedig végeredményben az infravörös háttérben jelenik meg, és annak mintegy 10%-át (egyes kutatók szerint akár 20%-át is) adja.

A másik nagyon fontos kapcsolat a kemény (TeV energiájú) gamma-sugárzás és a kozmikus infravörös háttér között van. A kemény gamma-fotonok ugyanis kölcsönhatnak a hozzájuk képest igen kis energiájú infravörös fotonokkal, és az *inverz Compton-szórásnak* nevezett folyamat során elektron-pozitron páro-

kat keltenek. A gammasugárzás intenzitása így csökken, a csökkenés mértéke pedig attól függ, hogy mekkora a kozmikus infravörös háttér energiája, illetve milyen hosszan haladt a gammasugárzás ebben az infravörös fotontengerben, míg elért hozzánk. Ha egy gammaforrás (általában távoli, aktív galaxismag) távolságát ismerjük, akkor a kozmikus infravörös háttér nagyságából meg tudjuk becsülni, hogy az eredetileg kibocsátott gammafotonok mekkora arányban nyelődtek el az ide vezető út során.

Ilyen mérésekre csak azon kevés galaxis esetében van lehetőség, amelyek megfelelően fényes kitöréseket produkálnak a gammatartományban. A legismertebb példa a tőlünk 160 Mpc távolságban levő *Markarian 501* galaxis. A 17 TeV-os gammafotonok szabad úthossza (amit egy gammafoton kölcsönhatás nélkül átlagosan megtehet) a kozmikus infravörös háttér ma ismert értéke mellett kb. 14 Mpc, tehát jóval kisebb a galaxis távolságánál. Ez azt jelenti, hogy a gammafotonok túlnyomó részének el kellett nyelődnie útközben, és a galaxis valójában mintegy 100 000-szer a fényesebb a gammatartományban, mint amilyennek mi látjuk. Ekkora energiát még egy aktív galaxismagban is igen nehéz produkálni, ezért – a röntgenháttérhez hasonlóan – ezt a jelenleg még megoldatlan paradoxont a „kozmosz infravörös háttér – TeV gammasugárzás krízisnek” szokták nevezni.

A kozmikus infravörös háttér megfigyelése

Megfigyelési kritériumok

A kozmikus infravörös háttér megfigyelése nagy kihívás. A távcsöből és a mérőrendszerből, valamint a Föld légköréből származó sugárzásokat ki kell küszöbölni (hőmérsékletük miatt ezek az infravörös tartományban mind erőteljesen sugároznak). A gyakorlatban ezért az ilyen mérések csak a légkörön túlról, megfelelően alacsony hőmérsékletre (folyékony héliummal kb. 4 K-re) hűtött berendezéssel valósíthatók meg⁶. Emellett ki kell zárni a fényes égitestekből származó szórt fényt. A közvetlen kozmikus infravörös háttér mérése esetében az asztrofizikai kihívás az, hogy elkülönítsék azt az égi háttér egyéb asztrofizikai komponenseitől. A sikeres háttérdetektáláshoz a mérésnek a következő alapvető feltételeket kell teljesítenie:

1. A mért jel szignifikánsan pozitív legyen.
2. A jel extragalaktikus eredetű legyen (általában csak azt szokták megkövetelni, hogy ne legyen köthető semmilyen naprendszerbeli vagy tejútrendszerbeli forráshoz, az extragalaktikus eredet közvetlenül ugyanis nem igazolható).

6. Csillagászati évkönyv 2001, 260. o.

3. A jel izotrop, azaz a mérési pontosságon belül az ég bármely irányában ugyanakkora legyen.

A kozmikus infravörös háttér mérésére három fő módszer alakult ki.

Az abszolút felületi fényesség mérése

Ez az eljárás az égi háttér közvetlen és nagyon pontos mérését tűzi ki célul. Az elve nagyon egyszerűen hangzik: az égi háttér fényességéből levonunk mindent, amiről tudjuk, hogy nem extragalaktikus eredetű, s ami marad, az a kozmikus infravörös háttér. Természetesen ez korántsem egyszerű feladat. Egyrészt amikor levonunk valamit, akaratlanul is mindig „erősítjük” a zajt, márpedig a kozmikus infravörös háttérnek az előterekhez képest gyenge jele könnyen elveszhet a zajban. A röntgenháttér esetében a dolog viszonylag egyszerű, annál ugyanis az extragalaktikus összetevő az égi háttér legerősebb komponense. Másrészt ahhoz, hogy a kozmikus infravörös (vagy bármely más hullámhossztartományban mért) háttér abszolút fényességét megmérhessük, igen pontosan ismerni kellene a fotometriai rendszer abszolút nulla pontját. Ennek a meghatározása nem egyszerű, hiszen – mint ahogyan azt már láttuk – nagyon sok zavaró tényező, nem pontosan ismert erősségű égi háttérösszetevő nehezíti meg a dolgot.

Az égi háttér eddigi legjobb abszolút méréseit a COBE műhold DIRBE műszere végezte. A DIRBE szinte a teljes égboltot feltérképezte, valamint minden eddiginél pontosabban megmérte az állatövi fény infravörös emisszióját, így lehetővé vált az állatövi fény, valamint a galaktikus csillagközi anyag járulékanak eltávolítása a kozmikus infravörös háttérből (6. kép a színes mellékletben). Ezzel meghatározhatóvá vált a kozmikus infravörös háttér abszolút értéke [1.]. Bár az ISO műholdat nem kifejezetten abszolút fotometriára tervezték, bizonyos mérési módok ezzel az eszközzel is lehetőséget kínálnak az extragalaktikus háttér abszolút értékének meghatározására. Ez a munka jelenleg is folyik, magyar, finn és német résztvevőkkel.

Fluktuációs mérések

Mint láttuk, a kozmikus infravörös háttérrel távoli galaxisok fénye alkotja. Ha ezek tökéletesen véletlenszerűen oszlanának el az égen, különböző irányokba nézve akkor sem mindig pontosan ugyanannyi galaxist látnánk egy adott mérőműszer apertúrájában (ha egyáltalán fel tudnánk bontani őket egyedi objektumokra). A galaxisok véletlenszerű égi eloszlását ugyanaz a Poisson-statisztika írja le, mint az esőcseppek eloszlását az aszfalton: egy esőcsepp ugyanakkora valószínűséggel esik az aszfalt bármely pontjára. Ha azonban egyforma köröket rajzolnánk az aszfaltra, azt tapasztalnánk, hogy nem pont ugyanannyi esőcsepp esik minden körbe. Hasonló a helyzet a távoli galaxisokkal is az égen. Minthogy különböző irányokba nézve nem pontosan

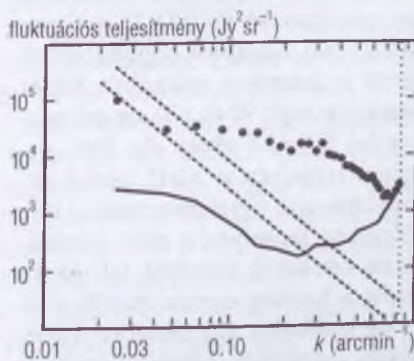
ugyanannyi galaxis található minden apertúrában, az ezekben mérhető égi háttér értékei kissé különböznek. Ezeknek az értékeknek az átlagtól való eltérését nevezzük a *háttér fluktuációinak*.

A fluktuációk mérése egyszerűbb, mint az abszolút égi háttér mérése, mivel ehhez nem kell ismerni a fotometriai rendszer abszolút nulla pontját. Szerencsére az abszolút égi háttér és a fluktuációk amplitúdójának arányát a kozmikus infravörös háttér modelljeiből meg tudjuk határozni, így ebből az abszolút égi háttér értéke is kiszámolható. Ahhoz, hogy elkülöníthessük az extragalaktikus háttér az égi háttér egyéb komponenseitől, azok fluktuációnak tulajdonságait is kielégítően ismerni kell.

Fourier-teljesítményspektrum

A kozmikus infravörös háttér és a cirrusz emisszió szerkezetének különbsége lehetővé teszi, hogy a kettőt egymástól szétválasszuk (3.7. ábra). Minthogy a cirrusz teljesítményspektruma viszonylag meredek, a kozmikus infravörös háttéré viszont kis dőlésű egyenes, alacsony térfrekvenciákon a cirrusz, magas frekvenciákon a kozmikus infravörös háttér lesz a domináns (itt a cirrusz spektruma a kozmikus infravörös háttéré alá kerül). Természetesen ez csak akkor valósul meg, ha a cirrusz spektruma megfelelően „gyenge”, azaz kevés csillagközi anyagon nézünk keresztül az kozmikus infravörös háttér előtt. Ha a cirrusz túl erős, mint az égbolton a legtöbb helyen, akkor a meredek teljesítményspektrum ellenére a cirrusz soha nem kerül annyira alacsonyra, hogy a kozmikus infravörös háttér spektruma kibukkanhasson alóla. Erre csak az égbolt bizonyos részei alkalmasak, ahol különösen jól kiláthatunk a Tejútrendszerből.

Az ISO infravörös űrtávcső ISO-PHOT műszere volt az első, amely az infravörös tartományban képes volt – a teljesítményspektrumok szétválasztásával – a kozmikus infravörös háttér fluktuációinak kimutatására [4., 7.]. A 3.7. ábra egy ilyen teljesítményspektrumot mutat. A folytonos vonal a pontforrás leképezési függvényének Fourier-transzformáltja, a szaggatott vonalak két illesztett cirrusz-teljesítményspektrumot ábrázolnak. A pontok a kozmikus infravörös háttér teljesítményspektrumát mutatják, amely jól láthatóan nem



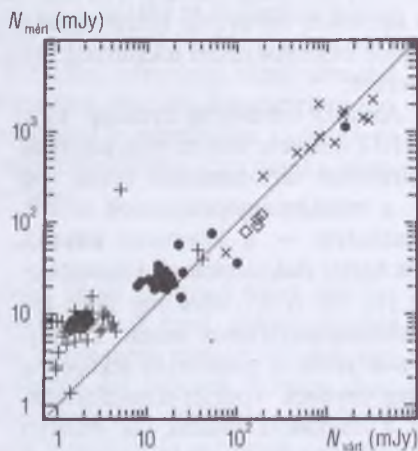
3.7. ábra. A kozmikus infravörös háttér fluktuációinak teljesítményspektruma [7.]

vízszintes, hanem a magasabb térfrekvenciák (kis térbeli távolságok) felé lefelé hajlik. Ennek oka az, hogy magas térfrekvenciákon a távoli galaxisok halmozakba rendeződése már módosítja az eredetileg Poisson-eloszlásnak megfelelő vízszintes teljesítményspektrumot. A függőleges pontozott vonal a maximálisan elérhető térbeli felbontást jelzi.

A konfúziós zaj fényességfüggése

A másik módszer a fluktuációk mérésére a konfúziós zaj fényességfüggésének vizsgálata. A konfúziós zaj, mint említettük, egy forrás fluxusának meghatározásában az ismeretlen égi háttér miatt fellépő bizonytalanság. A módszer arra épül, hogy sok, különböző fényességű térképen megmérjük az átlagos konfúziós zajt, azaz az átlagos intenzitáskülönbségeket adott távolságra lévő pixel-párok között. A távoli infravörös hullámhosszakon a konfúziós zaj két fontos összetevője a kozmikus infravörös háttér és a galaktikus cirrusz emisszió. Minél erősebb a cirrusz hatása, annál fényesebb egy mező, és annál erősebb a cirruszból származó konfúziós zaj. A kozmikus infravörös háttér fényessége és konfúziós zaja ellenben mindenhol ugyanakkora kell, hogy legyen. Így a fényesebb (több cirruszt tartalmazó) mezőkben meghatározható, hogyan függ a konfúziós zaj erőssége a mező fényességétől. Ebből az is megbecsülhető, mekkora lenne a konfúziós zaj, ha egyáltalán nem lenne cirrusz egy mezőben, azaz mekkora konfúziós zaj származik a kozmikus infravörös háttértől.

Hasonlóan a kozmikus infravörös háttér Fourier-teljesítményspektrumához, ebben az esetben is az ISO infravörös űrtávcső ISOPHOT műszere volt az első, amelynek segítségével sikerült a kozmikus infravörös háttér konfúziós zaját 90 és 170 μm -en megfigyelni [3.] (3.8 ábra). Az ábra vízszintes tengelyén a „várt”, csak a cirrusz emissziót figyelembe vevő, a függőlegesen tengelyén a mért konfúziós zaj értékeket tüntettük fel. Az eltérést a halvány cirrusz mezők (alacsony konfúziós zaj) esetében a kozmikus infravörös háttér fluktuációi okozzák. Fényes mezők (magas konfúziós zaj) esetében e háttér fluktuációi elhanyagolhatóvá válnak.



3.8. ábra. Az infravörös égi háttér fluktuációinak kimutatása a konfúziós zaj mérése segítségével (magyarázat a szövegben)

Forrásszámlálások

A kozmikus infravörös háttér abszolút értéke és fluktuációi önmagukban nem adnak információt a háttér felépítő források (galaxisok) egyedi tulajdonságairól és időbeli fejlődéséről. Ilyen kérdésekre a forrásszámlálások adhatnak választ. A forrásszámlálás során megpróbáljuk a kozmikus infravörös háttér a lehető legnagyobb részben forrásaira bontani. Az infravörösben detektálható források nagy részénél ez pusztán azt jelenti, hogy a forrást sikerült a zajszint felett megfigyelni, és fényességét egy vagy több hullámhosszon megmérni. A közelebbi infravörös hullámhosszakon (20–25 μm -ig) még jelentős a Tejútrendszer csillagainak hozzájárulása, ezeket itt valahogyan meg kell különböztetni a távoli galaxisoktól. Ez nem egyszerű, de a csillagok nagy részét viszonylag könnyen el lehet távolítani annak alapján, hogy más a spektrális energiaeloszlásuk, mint a galaxisoké. Hosszabb hullámhosszakon a csillagok már gyakorlatilag nem láthatók (néhány különleges csillagtól eltekintve), itt viszont a cirrusz emisszió nehezíti meg a kozmikus infravörös háttér forrásainak felismerését. A cirrusz emisszió – fraktálszerű szerkezete miatt – ugyanis álforrásokat (*cirrusz-csomókat*) hoz létre, amiket ráadásul igen nehéz megkülönböztetni a galaxisoktól, hiszen nagyon hasonló a cirrusz-csomók és a galaxisok spektrális energiaeloszlása.

A forrásszámlálások az egyedi források azonosításán kívül fontos megkötéseket jelentenek a kozmikus infravörös háttérre. A megfigyelt egyedi források összeadott (kumulatív) fényessége például alsó határt jelent a kozmikus infravörös háttér abszolút értékére: azok a források, amelyeket nem sikerült a háttérben megfigyelni, csak növelhetik a háttér fényességét. A forrásszámlálások egyik fontos eredménye a *sám–fényesség-összefüggés*: adott S fényességig hány S -nél fényesebb forrást láthatunk egy adott égtérületen. Az összefüggést általában $N(S) = (S/S_0)^{-\alpha}$ alakban szokták megadni. Ennek az összefüggésnek óriási a kozmológiai jelentősége. Ha az Univerzum euklideszi térrel leírható és statikus lenne, akkor α -nak 1.5-nek kellene lennie, a forrásszámlálás azonban α értékét 2.2–3.3 közé teszik. Ez csak részben írható az Univerzum tágulásának számlájára, a legfontosabb hatás az, hogy a fiatal (nagy vöröselőldésű) galaxisok egészen másképpen néznek ki, mint a maiak. Ez a forrásszámlálások egyik legfontosabb eredménye, amit a közeli, a közepes- és a távoli infravörös eredmények is egyértelműen megerősítenek.

Az infravörös J, H és K sávokban a Hubble-űrtávcsővel végeztek felméréseket a Hubble-mélyvizsgálatok keretében. Hosszabb (12, 25, 60 és 100 μm -es) hullámhosszakon először az IRAS műhold felmérései szolgáltattak forrásszámlálás-adatokat, de a távcső alacsony érzékenysége miatt a háttérnek csak igen kis részét sikerült forrásokra bontani. Hosszabb hullámhosszakon az ISO ISOPHOT és ISOCAM műszerei végeztek ilyen vizsgálatokat, és ezekkel

sikerült a 7–180 μm közötti hullámhosszakon a kozmikus infravörös háttér mintegy 3–10%-át forrásokra bontani (az alacsonyabb értékek a hosszabb hullámhosszakhoz tartoznak).

A jövő

Az infravörös égi háttér vizsgálata az utóbbi néhány év forradalmi eredményei ellenére nem ért véget. A közeljövő infravörös űrtávcsöveinek egyik legfontosabb célja, hogy az égi háttérrel megfigyeljék és a kozmikus infravörös háttérrel minél nagyobb részben forrásokra bontsák. A következő műhold a *SIRTF* (Space InfraRed Telescope Facility) több éves késéssel, 2003 augusztusában került felbocsátásra. A legnagyobb részben amerikai fejlesztésű műhold sok tekintetben igen hasonló az ISO-hoz. Főtükreinek átmérője (85 cm) alig nagyobb, mint az ISO-é volt (60 cm), és bár jóval kevesebb detektora van, mint az ISO-nak volt, lényegében hasonló hullámhossztartományt fed le. A két infravörös űrtávcső működése között eltelt kb. tíz évben az infravörös detektorok is igen sokat fejlődtek, ezért a *SIRTF* érzékenysége várhatóan jelentősen felülmúlja az ISO-ét.

Az Európai Űrügynökség 2007-ben tervezi útjára bocsátani a *Herschel infravörös és szubmilliméteres űrtávcsövet*. Ez az űrtávcső a maga 3.5 m-es tükreivel és kb. 400 μm -ig terjedő hullámhossztartományával már más kategóriát képvisel. Még később kezd működni a NASA *James Webb űrtávcsöve*, amely a Hubble-űrtávcsövet váltja fel. Bár ez a távcső hivatalosan nem „infravörös”, detektorainak többsége mégis a közeli infravörös tartományban fog mérni. A *Herschel* és a *Webb* űrtávcső már képes lesz arra, hogy a kozmikus infravörös háttér túlnyomó részét (egy-egy rövidebb hullámhosszakon több mint 90%-át) forrásaira bontsa.

Irodalom

- [1.] HAUSER, M. G.–ARENDT, R. G.–KELSALL, T. és társaik: *Astrophysical Journal*, 1998, **508**, 25. o.
- [2.] KISS, CS.–ÁBRAHÁM, P.–KLAAS, U.–LEMKE, D.–JUVELA, M.: *Astronomy & Astrophysics*, 2001, **369**, 1161. o.
- [3.] KISS, CS.–ÁBRAHÁM, P.–KLAAS, U.–LEMKE, D.–HERAUDEAU, PH.–DEL BURGO, C.: *Astronomy & Astrophysics*, 2003, **399**, 177. o.
- [4.] LAGACHE, G.–ABERGEL, A.–BOULANGER, F.–PUGET, J.-L.: *Astronomy & Astrophysics*, 1998, **333**, 709. o.
- [5.] LEINERT, CH.–ÁBRAHÁM, P.–ACOSTA-PULIDO, J.–LEMKE, D.–SIEBENMORGEN, R.: *Astronomy & Astrophysics*, 2002, **393**, 1073. o.

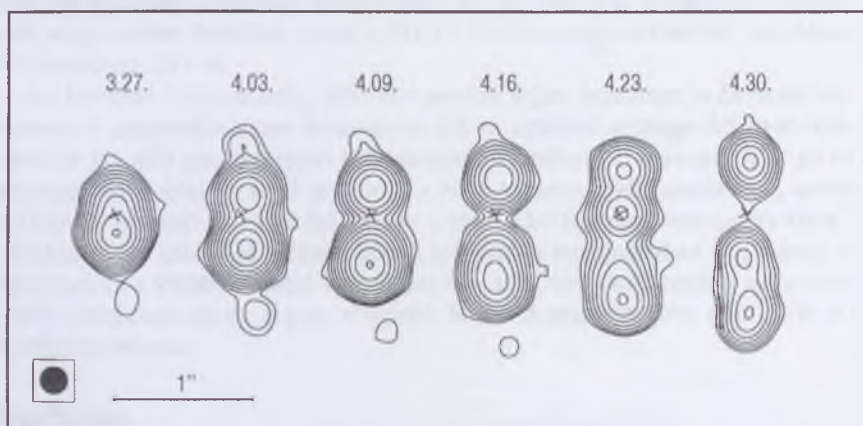
- [6.] LOW, F. J.–YOUNG, E.–BEINTEMA, D. A. és társaik: *Astrophysical Journal*, 1984, **278**, L19. o.
- [7.] MATSUHARA, H.–KAWARA, K.–SATO, Y. és társaik: *Astronomy & Astrophysics*, 2000, **361**, 407. o.
- [8.] REACH, T. W.–FRANZ, B. A.–WEILAND, J. R.: *Icarus*, 1997, **127**, 461. o.
- [9.] REACH, T. W., SYKES, M. V., LIEN, D., DAVIS, J. K.: *Icarus*, 2000, **148**, 80. o.
- [10.] STICKEL, M.–LEMKE, D.–KLAAS, U. és mások: *Astronomy & Astrophysics*, 2000, **359**, 865. o.
- [11.] TÓTH L. V., ÁBRAHÁM P.: A „hideg tekintetű” ISOPHOT, *Csillagászati évkönyv 2001*, 260. o.



Paragi Zsolt

Mikrokvazárok

Az új röntgenforrások keresésére felbocsátott *GRANAT* űrszonda az 1990-es évek elején egy különleges objektumra bukkant, amely a keményröntgen-tartományban ismétlődő kitöréseket mutatott. Az objektum a *GRS1915+105* jelölést kapta. A röntgenkitörésekkel kapcsolatos jelenségeket nagy felbontású rádiómérések segítségével részletesen lehetett tanulmányozni: egy központi forrásból, egymással átellenes irányban fényes plazmacsomók dobódtak ki a fénysebességet látszólag meghaladó sebességgel (4.1. ábra). A különleges objektumot MIRABEL és RODRÍGUEZ *mikrokvazárnak* nevezte el [1.].



4.1. ábra. A *GRS 1915+105* látszólag fénysebességnél gyorsabban mozgó komponensei.
A rádiótérkép-sorozat 1994-ben készült a *VLA*-val [1.]

Galaxisunkban mintegy háromszáz olyan szoros kettőscsillag-rendszert ismerünk, amelynek számottevő röntgenaktivitása van. A röntgensugárzás nagyon forró ($10^5 - 10^8$ K) környezetre utal. A két csillag között az *anyagbefogási* (akkréciós) *korongon* keresztül tömegátadás folyik, ami a kettős rendsze-

rekben ismert jelenség¹. Ebben az esetben azonban a fogadó objektum mérete rendkívül kicsi, mindössze 10 km-es nagyságrendű, ezért a befogási korong belső részén rendkívül nagy az energiasűrűség.

A háromszáz ismert röntgenkettősnek mintegy 10%-a nemhőmérsékleti rádiósugárzást bocsát ki. Ez relativisztikus sebességgel haladó részecskéktől származik, amelyek a forgástengely irányában, keskeny nyalábok, *anyagkifúvások* (jetek) formájában hagyják el a rendszert. Az anyagátadás, anyagbefogási korong, kifúvások, relativisztikus részecskék – mindez jól ismert az aktív galaxisok világából, és megtalálható a kvazárokból [2., 3.]. A mikrokvazárok azonban nem csupán hasonló jelenségeket mutatnak, mint a kvazárok, hanem az is elmondható, hogy közel ugyanazok a fizikai folyamatok működnek bennük, csak teljesen más térbeli és időbeli skálán. Leegyszerűsítve tehát azt mondhatjuk, hogy a mikrokvazárok rádiósugárzó anyagkifúvásokat mutató kettős rendszerek [4.], amelyekben fekete lyuk vagy esetleg neutroncsillag a kompakt objektum.

Kvazárok és mikrokvazárok

Az aktív galaxismagokat már a hatvanas években felfedezték, mert az ultraibolya tartományban különösen fényesek, és ennek alapján könnyen meg lehet találni azokat a több színben készült felvételeken. A kék-ultraibolya többletsugárzás a forró anyagbefogási korongból származik. Minél kisebb a központi fekete lyuk tömege, annál magasabb a gáz hőmérséklete a korong belső szélén, a fekete lyukhoz legközelebb lévő stabil keringési pályán, amit *anyagelnyelő korongnak* is neveznek:

$$T \approx 2 \cdot 10^7 \mathcal{M}_{\odot}^{-1/4} [K],$$

ahol T a hőmérséklet, \mathcal{M}_{\odot} pedig a fekete lyuk tömege naptömeg egységben [5.]. Ez a formula érvényesnek mutatkozik sok nagyságrendet átívelő paraméterterben. Míg egy kvazár lehet akár $10^9 \mathcal{M}_{\odot}$ tömegű, és környezetében $10^4 - 10^5$ K hőmérséklet uralkodik; addig a $10 \mathcal{M}_{\odot}$ tömegű fekete lyukak környezetére 10^7 K jellemző. Ekkora hőmérsékletnél a forrás sugárzási spektrumának maximuma már a röntgentartományba esik, ezért a mikrokvazárok

1. Ha a társcsillagról a kompakt objektumra átáramló anyag impulzusmomentuma kicsi, akkor a gáz közvetlenül a kompakt objektum felületére áramlik. Ha az impulzusmomentum nagy, akkor viszont anyagbefogási korongot hoz létre körülötte. Az átáramló anyag származhat a társcsillag csillagszéléből, vagy a Roche-tartományát kitöltő kísérő esetében a tartomány határán átfolyó csillaglégkörből.

csak az utóbbi tíz év röntgentávcsöveinek köszönhetően kerültek előtérbe. A központi fekete lyuk tömege a lejátszódó jelenségek időskálájánál is meghatározónak tűnik. Egy olyan kitörés, amely a galaxismagok esetében évekig vagy évtizedekig tart, a csillagok életében percek, illetve napok alatt végbemegy. A mikrovázárók így „természetes modellként” szolgálhatnak az aktív galaxis-magok vizsgálatához.

Az első galaktikus források

Számos röntgensugárzó kettőscsillagot már a hatvanas években felfedeztek [6.], és néhánynak akadt megfelelője a rádiótartományban is, ilyen a *Sco X-1*, a *Cyg X-1* és a *Cyg X-3*. Akkor azonban még sem a röntgen-, sem a rádió-technika nem volt elég fejlett ahhoz, hogy részletesen, nagy térbeli felbontással tanulmányozzák őket. A kutatások az időnként megfigyelhető rádiókitörések értelmezésére és a tömegmeghatározásra összpontosultak. Egyre több bizonyíték halmozódott fel azzal kapcsolatban, hogy a *Cyg X-1* kompakt objektumának tömege nagyobb a neutroncsillagok felső tömeghatáránál. Így azonosították az első fekete lyukat tartalmazó kettős rendszert a Tejútrendszerben.

Nem sokkal később találták meg a Sas csillagképben az *SS433* nevet kapott objektumot, amely addig ismeretlen emissziós vonalakat mutatott [7.]. Közepesen relativisztikus sebességű mozgást feltételezve ezeket a vonalakat a hidrogén és hélium Doppler-eltolódást szenvedett spektrumvonalaival lehetett azonosítani. A vonalak frekvenciája emellett 162.5 napos, periodikus ingadozást is mutatott. Modellszámítások szerint az emissziós vonalak $0.26c$ (c a fénysebesség) sebességgel áramló, jól irányított gáznyalábokból származnak, amelyek 162.5 napos precessziós mozgást végeznek. Ezt igazolták 1979-ben SPENCER nagy szögfelbontású rádiómegfigyelései is. Megtalálták tehát az első olyan forrást a Tejútrendszerben, amely rádiósugárzó anyagkidobódásokat mutat.

Ettől kezdve nagy lendületet vett a röntgenkettősök kutatása. Az *SS433* jó néhány évig a legjobban megfigyelt égitest lett, de a többi hasonló objektum is az érdeklődés középpontjába került. A mintegy háromszáz röntgenkettős közül azonban csak alig egy tucat volt rádiótartományban is kimutatható, és ezek a rendszerek jelentősen különböztek egymástól is. Néhány objektum mindvégig halvány maradt, miközben egyes kitöréseik óriási intenzitást produkáltak. A *Cyg X-3* egy ilyen alkalommal közepesen relativisztikus sebességgel mozgó plazmacsomókat dobott ki magából, csendes állapotában viszont szinte detektálhatatlan maradt. Ezekre a kettősökre általánosan elfogadottá vált az aktív galaxismagokkal rokon anyagbefogási modell, a kvázárókban ta-

pasztalható, látszólag fénysebességnél gyorsabb mozgásokat viszont ezeknél az objektumoknál nem sikerült megfigyelni. Változást csak a 90-es évek röntgen-műholdas felfedezései hoztak.

Klasszikus mikrokvazárok

A *GRS1915+105* körülbelül 12 kpc távolságra van tőlünk, a galaktikus sík túloldalán. Röntgenluminozitása $2 \cdot 10^6 L_{\odot}$, messze meghaladja az *Eddington-határt*, ami azt jelenti, hogy az anyagbefogási korongból behulló anyagra ható sugárnyomás nagyobb, mint a gravitációs vonzás. Ezért a forrásba hulló anyag a pólusok mentén impulzusszerűen kidobódik: a forgástengely mentén, egymással ellentétes irányban fényes, rádiósugárzó gázkifúvások hagyják el a rendszert. A két kifúvás megfigyelt sajátmozgása $0''.0176/\text{nap}$ illetve $0''.0090/\text{nap}$, ami az objektum távolságában 1.25c és 0.65c sebességnek felelne meg. Valójában relativisztikus hatással állunk szemben, ami abból ered, hogy a mozgások sebességének iránya nem merőleges a látóirányunkra. Az anyagkidobódás tényleges sebessége 0.92c, és iránya látóirányunkkal mintegy 70° -os szöget zár be. A hozzánk közeledő kifúvás fényesebbnek is látszik, mint a távolodó. Ez szintén relativisztikus hatás, a *Doppler-nyalábolás* következménye. A *GRS1915+105* rendszerben később többféle kifúvássebességet is mértek, amit változó geometriai paraméterekkel, esetleg változó sebességű kidobódásokkal magyarázhatunk.

Az első szuperfénysebességű forrás felfedezését hamarosan követte a másodík. A *GRO J1655–40*-ben $0''.040–0''.065/\text{nap}$ sajátmozgásokat mértek (11. színes kép a mellékletben). Ezeknek a nagy értékeknek részben a forrás közeli elhelyezkedése az oka, az ugyanis tőlünk mindössze 3 kpc-re van. A kilövellés valódi sebessége 0.92c körüli, a látóiránnyal bezárt szöge 85° . A közeledő és távolodó kifúvás közötti Doppler-nyalábolás okozta különbség nem jelentős, jóval nagyobbak viszont a belső aszimmetriák: hol az egyik, hol a másik kifúvás mutatkozik jelentősen fényesebbnek.

A harmadik ilyen objektum az *XTE J1748–288*. Távolsága 8 kpc, a kilövellések mért sajátmozgása $0''.020/\text{nap}$. Ebből szintén 0.9c-nél nagyobb tényleges kiáramlási sebesség következik. A kifúvások sugárzása lineárisan polarizált, alátámasztva a sugárzás szinkrotron² természetét. A kidobott gázanyag a néhány napos haladás után erősen lelassul, ami a csillagközi anyaggal való kölcsönhatás következménye.

2. Szinkrotron sugárzást töltött részecskék bocsátanak ki, amikor a mágneses térben relativisztikus sebességgel mozognak.

Újabb vizsgálatok megerősítették, hogy a Cyg X–3 is produkál $v > 0.9c$ sebességű kidobódásokat, és közvetett megfontolásokból a Cyg X–1 halvány, folytonos kilövellésére is $v > 0.1c$ sebességet kaptak. Csillag méretű fekete lyukak tehát ugyanúgy mutatnak különleges relativisztikus jelenségeket, mint a távoli extragalaxisok magjai. Korábban is ismertünk olyan rádiósugárzó kifúvásos forrásokat, amelyeknél a relativisztikus hatások kevésbé lépnek fel, és némely esetben talán neutroncsillagot tartalmaznak. Ezekkel együtt ma a Tejútrendszerben mintegy tucatnyi mikrokvazárt tartanak számon [8.].

A kifúvások keletkezése

A mikrokvazárok központi objektuma mindig kettős rendszer, egy kompakt és egy normális csillaggal – az egyetlen kivétel talán az *1E 1740.7–2942* lehet, ahol a kettősségre még nem találtak elegendő bizonyítékot. A mikrokvazárok ebben különböznek a kvazároktól, melyek magja magányos fekete lyuk¹. Azt még nem egészen értjük, hogy az akkréció útján beáramló anyagból hogyan keletkeznek a jól kollimált kifúvások, az aktív galaxismagok leírására szolgáló egyes elképzelések azonban alkalmazhatók lehetnek a galaktikus forrásokra is.

A kifúvások keletkezésére alkotott első modell magneto-hidrodinamikai elven alapult, de a feltételezett folyamat nem tűnt elég hatékonynak. A hetvenes évek végén sikeres asztrofizikai modell volt a *Blandford–Znajek-mechanizmus*. Ez PENROSE régebbi elgondolásán alapszik, amely szerint forgó fekete lyukakból elméletileg lehet elektromágneses energiát és impulzusmomentumot kinyerni. Mások azonban kétségbe vonják, hogy az így nyert energia elegendő lenne a megfigyelt, nagy teljesítményű kifúvások működtetéséhez. Később BLANDFORD és PAYNE a mágneses térrel is rendelkező anyagbefogási korong impulzusmomentumát jelölte meg az energia fő forrásaként. Modelljük szerint a mágneses erővonalak – a plazmafizikában jól ismert befagyási tétel szerint – a korong anyagában mintegy feltekerednek, és az emiatt fellépő instabilitás a mágneses tér pólusa irányában anyagot dob ki.

Szükség van még egy olyan mechanizmusra ami megmagyarázza a kifúvások kollimáltságát (nyaláboltságát). A kidobott anyag mágneses energiasűrűsége kezdetben meghaladja a mozgásienergia-sűrűséget, de ez egy idő után megfordul, és ennek következményeként a kifúvás anyaga nem követi tovább

3. Némely forrás esetében a kettős fekete lyuk lehetőségét sem zárják ki. Erre utalhat például a spirális alakú gázáram, ami az anyagbefogási korong precessziója miatt alakulhat ki. A precessziót a második komponens jelenléte okozhatja. A spirális gázáram azonban pusztán hidrodinamikai instabilitás következménye is lehet.

a korong forgó mozgását. Miközben halad kifelé, az erővonalak megnyúlása következtében felerősödik a mágneses térnek a kiáramlás tengelye felé mutató komponense, és ez okozhatja a nyalábolást. Néhány kutatócsoport ezzel szemben a mágneses térnek a pólusok felé mutató komponensét tartja meghatározónak.

KOIDE első numerikus magneto-hidrodinamikai modellezése, ami az általános relativitás hatásait is figyelembe veszi, kétrétegű kifúvásszerkezet kialakulását mutatta. Ebben az esetben van egy gyorsan mozgó belső komponens, amit a rendkívül nagy gáznyomás működtet, míg a külső, mágneses energiával táplált kifúvás jóval lassabban terjed.

Az anyagbefogási korong és a kifúvás kapcsolata

Az elfogadott kifúvásképletkezési elméletek megkövetelik az anyagelnyelési korong létét, ezt azonban közvetlenül még soha nem sikerült megfigyelni, sem a galaxisok világában, sem a mikrokvazároknál. A mikrokvazárok esetében azonban lényegesen több lehetőség adódik a kifúvások nyomon követésére, hiszen azok sokkal rövidebb időskálán zajlanak. A legújabb kutatások a röntgen- és a rádióaktivitás közötti összefüggésekre irányulnak.

A fekete lyukak állapotát röntgenluminozitásuk és röntgensugárzási spektrumuk alapján jellemezhetjük. A két legjobban elkülöníthető állapot az *alacsony/kemény* illetve a *magas/lágy*. Alacsony/kemény állapotban a forrás röntgenluminozitása kicsi; a spektrum nemhőmérsékleti jellegű, a kemény röntgen tartományban is erős, és egészen 100 keV-ig észlelhető. Ebből következően az anyagbefogási korong nem játszik jelentős szerepet a sugárzásban. Helyette a korongot körülvevő ritka gázburokban, Compton-hatás (fotonok és relativisztikus sebességű elektronok kölcsönhatása) során keletkezik a 100 keV fotonenergiát is elérő sugárzás. A magas/lágy állapotban a röntgensugárzás erős és hőmérsékleti jellegű; spektrumában viszont a lágy röntgen tartomány az uralkodó, néhány keV-es átlagos fotonenergiával. A sugárzás forrása az anyagbefogási korong.

A rádiósugárzást tekintve megkülönböztethetünk *csendes* és *aktív periódusokat*. Az aktív időszakokban a rádioluminozitás erősen megnő, és a spektrum az optikailag vékony, szinkrotron sugárzást kibocsátó gázokra jellemző. Ilyenkor figyelhető meg a plazmacsomók kidobása. A fluxus $S_\nu = \nu^\alpha$ (ahol ν a frekvencia, α a spektrális index, melynek értéke $\alpha \approx -0.5$). A csendes periódusokban a rádióspektrum lapos ($\alpha \approx 0$), és egészen a milliméteres tartományig, néha akár magasabb frekvenciákig is kiterjed. Ebben az állapotban

ezred ívmásodperces skálákon kis kiterjedésű, időben csaknem folytonos kifúvásokat láthatunk.

Az általánosan elfogadott értelmezés szerint a fekete lyukak az alacsony/kemény röntgen állapotban folytonos kifúvásokat mutatnak. Ilyenkor a rádió- és röntgensugárzás egymással korrelál, ami arra utal, hogy a kifúvás szoros kapcsolatban van az anyagbefogási koronggal (4.2. ábra). Ezt nemrégiben igazolták a Cyg X–1 esetében, egyidejű röntgen és VLBI⁴ megfigyeléssel. A forrás alacsony/kemény állapotban ezred ívmásodperces skálákon egyoldali rádiósugárzó kifúvásos szerkezetet mutatott, a kvázárokhoz hasonlóan. Ennek analógiájára feltételezik, hogy az összes alacsony/kemény állapotú forrásnál folytonos kifúvás van, bár az esetek többségében ez rendkívül halvány és nehezen kimutatható. A magas/lágy röntgenállapotban nem figyelhető meg kifúvás ezekben a rendszerekben.

Rádiókitörések

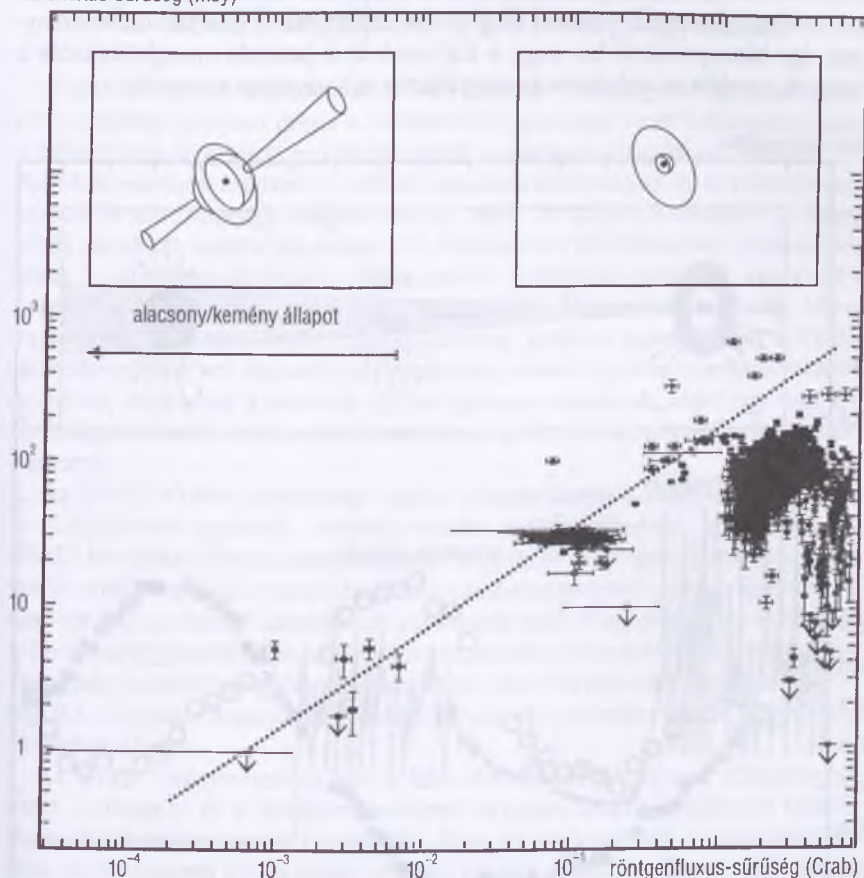
Nemrégiben drámai módon bizonyították, hogy a kifúvásokhoz szükség van az akkréciós korongra. Amint az a fentiekből kiderült, az anyagbefogási korong jelenléte a röntgenaktivitásból mutatkozik meg a legjobban. Az ott lezajló folyamatok eredményeként figyelhető meg a röntgensugárzás kváziperiodikus ingadozása, amelynek jellemző frekvenciája forrásról forrásra változik, és általában 50–300 Hz közötti érték. Ezeknek a változásoknak az időskálájából következtethetünk a sugárzást kibocsátó tartomány méretére, ami 20–300 km-nek adódik, és ennek alapján az akkréciós korong belső peremvidékével azonosítható. Röntgen-állapotváltozások során viszont eltűnik a hőmérsékleti sugárzás jellegű lágy komponens, és nem mutatkoznak a jellegzetes ingadozások.

Ezek a tapasztalatok megmagyarázhatók, ha feltételezzük, hogy a sugárzásban felszabaduló energia a korong anyagának belső súrlódásából fakad, amint ezt már SZUNYAJEV korai korongmodellje leírta. Amikor a belső súrlódásból felszabaduló energia karakterisztikus időskálája hosszabb a fekete lyukba történő szabadesés karakterisztikus idejénél, a röntgensugárzás lényegesen lecsökken, hiszen az energia nagy részét nincs idő kisugározni a fekete lyukba hullás előtt.

Nem minden tűnik el azonban a központi forrásban, mint ahogy azt a *GRS1915+105* esetében több frekvencián (röntgen, optikai, infravörös, rádió) végzett megfigyelésekkel bizonyították (4.3. ábra) [9.]. Kezdetben nyugodt ak-

4. Nagyon Hosszú Bázisvonalú Interferometria – rádiocsillagászati mérési módszer, jelenleg a legnagyobb szögfelbontást nyújtja a csillagászatban.

rádiófluxus-sűrűség (mJy)

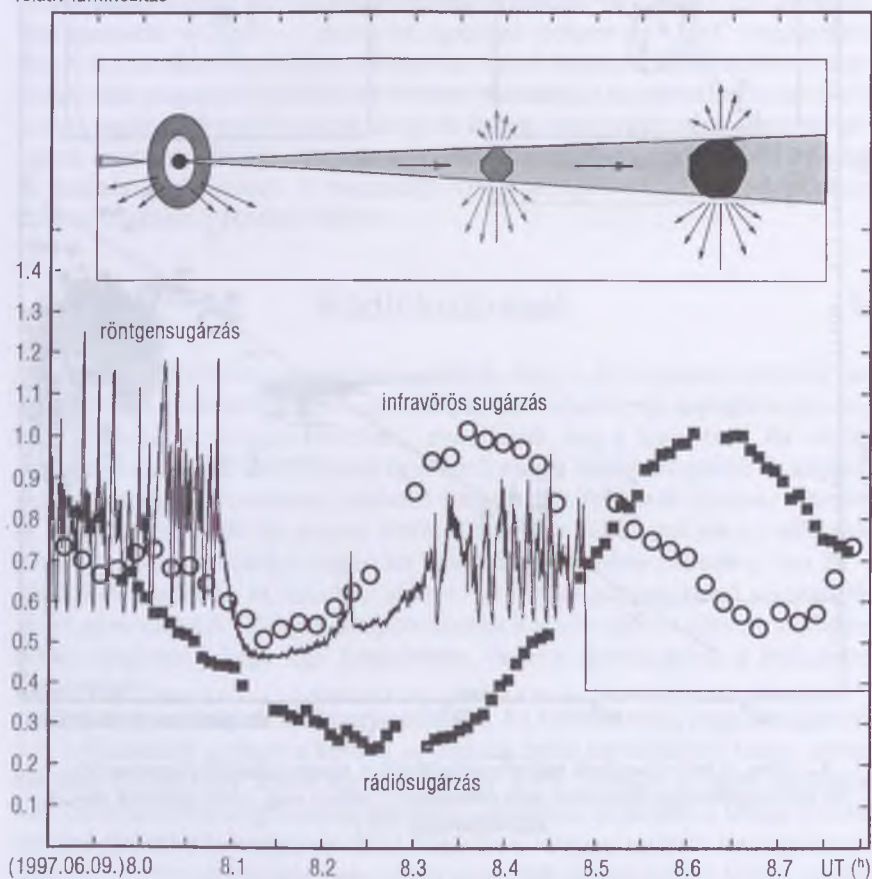


4.2. ábra. A mikrovázákrok rádiófluxus-sűrűsége a röntgenaktivitás függvényében. Az alacsony/kemény állapotban erős korreláció figyelhető meg, ekkor jelennek meg a rádiókifúvások [15.]

tivitást figyeltek meg, erőteljes, lágy spektrumú röntgensugárzással, és kvázi-periodikus ingadozásokkal. Egy hirtelen bekövetkezett állapotváltozás során lecsökkent a röntgensugárzás, a spektrum kemény lett, és eltűntek az ingadozások. Nemsokára megfigyelték az infravörös sugárzás erősödését, amit a rádiótartományban növekedő aktivitás követett. A modell szerint az anyagelnyelő korong néhány 100 km-es belső tartománya instabillá vált. Egy része közvetlenül a fekete lyukba hullhatott, míg a maradék anyag a pólusok mentén

kidobódott. Ezekben a plazmacsomókban keletkező relativisztikus elektronok szinkrotron sugárzását lehetett megfigyelni az infravörös és a rádiótartományban. Így bizonyosodott be, hogy a kitörések és a jelentős anyagkidobódás a pólusok mentén az akkréciós korong állapotváltozásaihoz köthetők.

relatív luminozitás



4.3. ábra. A GRS 1915+105 röntgen-, infravörös, és rádióaktivitása közvetlenül egy kitörés előtt. A hirtelen bekövetkezett röntgenállapot-változás után megfigyelhető a kidobódó plazmacsomó szinkrotron sugárzása először az infravörös, majd a rádiótartományban [9.]

Az SS433 legújabb VLBI-megfigyelései

A mikrokvazárok kutatásában a VLBI nyújtja a legnagyobb szögfelbontást [10.], jelenleg azonban mégis a röntgenmegfigyeléseken van a hangsúly, mert a fekete lyukak közvetlen környezetéről a röntgensugárzás ad információt. Adódtak azonban érdekes új rádiócsillagászati eredmények is. A rádiótávcső-hálózatok érzékenysége nagymértékben nőtt, és kalibrálhatóságuk is jelentősen javult az utóbbi tíz évben. Az Európai VLBI-hálózattal rutinszerűen lehet 1 mJy fluxussűrűségű⁵ objektumokat is feltérképezni (így egyre több halvány objektum lesz vizsgálható), az amerikai VLBA-hálózat pedig képes egyidejűleg több rádiófrekvencián is adatokat gyűjteni, ami korábban a VLBI-technikával nem volt lehetséges. Ennek nagy jelentősége van a mikrokvazárok esetében, mert ezek a források időben gyorsan változnak, ezért egy nap különbséggel készült észlelésekkel nem lehet spektrális tulajdonságaikat feltérképezni.

Az SS433 VLBI-kutatásaiban régóta közreműködnek magyar csillagászok is. Legújabban egyidejű, többfrekvenciás megfigyelésekkel kimutattuk az SS433 kompakt kifúvás tartományáról, hogy az az aktív galaxismagokhoz hasonló tulajdonságokat mutat [11.]. Ez a *rádiómag tartomány* lapos spektrumú, ami optikailag vastag⁶ szinkrotron sugárzásra utal. Nagyobb frekvenciákon a kifúvás legfényesebb része a központi objektumhoz közelebb látszik az optikai vastagság frekvenciafüggése következtében. Az itt uralkodó mágneses térerősség 0.1–1 gauss, hasonlóan a kvazárok néhány parszekes méretű rádiómag tartományához.

Az SS433 röntgenluminozitása a többi forrásénál lényegesen alacsonyabb, ezért a röntgen- és a rádiómagtartománybeli aktivitás (akkréció/kifúvás) közötti kapcsolat feltárása nehéz. Ennek oka, hogy itt a legnagyobb az anyagátadási ráta, és a központi forrás szinte teljesen eltűnik az őt körülvevő sűrű anyagfelhőben. Egy rendkívül erős rádiókitörésnél viszont megfigyelhető volt fényes plazmacsomók kidobódása, miközben a belső folytonos kifúvás tartomány eltűnt. Ebből arra következtethetünk, hogy akkréciós instabilitás után itt is kidobódott az elnyelt anyag jelentős része. Úgy tűnik azonban, hogy egy stabil akkréciós korong jelenlétére mindenképpen szükség van folytonos kifúvás

5. A jansky a rádiósugárzás fluxussűrűségének mértékegysége: $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$. A fényes aktív galaxismagok fluxussűrűsége 1 Jy nagyságrendű. 1 mJy ennek az ezred része; sok mikrokvazár még ennél is halványabbnak mutatkozik a rádiómagtartományban.

6. A rádiómagok optikailag vastag természete azt jelenti, hogy az adott frekvencián a sugárzó közeg átlátszatlanná válik. Ez függ a relativisztikus részecskesűrűségtől és mágneses térerősségtől is.

kibocsátásához. Néhány napon belül, az egyensúly helyreálltával a folytonos kifúvás is újra megjelenik.

Az SS433 esetében a legnagyobb meglepetést az egyenlítői rádiózóna felfedezése okozta (10. kép a színes mellékletben) [11.]. A jól ismert rádiósugárzó kifúvásokra merőlegesen időnként fényes komponenseket lehetett megfigyelni a középponttól $0''.03-0''.07$ szögtávolságra. Ez az SS433 5 kpc-es távolságában több száz AU-nak felel meg. A zóna hol kifényesedik, hol elhalványul. Egyes kutatók hőmérsékleti rádiósugárzással magyarázzák a terület rádiótartománybeli aktivitását. Találtunk azonban $2 \cdot 10^8$ K fényességi hőmérsékletű rádiókomponenst is. Ilyen erősségű hőmérsékleti rádiósugárzást még senki nem mért, és valószínűtlen, hogy több mint 100 AU-ra a központi forrástól és a kifúvástól ilyen forró gáz létezik – ekkora hőmérséklet csak a kompakt objektum közvetlen környezetében lehet. A kérdés azonban még nincs teljesen lezárva, a sugárzásnak lehet mind hőmérsékleti, mind nemhőmérsékleti komponense. Érdekes problémát vet fel azonban mindkét lehetőség. Egyrészt miként lehet ilyen forrón tartani a kiáramló gázt a csillagközi térben, másrészt hogyan keletkeznek a nemhőmérsékleti sugárzásért felelős relativisztikus elektronok a kifúvástól távoli tartományokban.

Egy egyenlítői komponens sajátmozgásából sikerült megállapítani, hogy ez a forró zóna valóban a rendszerből kiáramló gáztól ered. Ez a kiáramlás azonban nem hasonlítható össze a pólusokon kiáramló kifúvásokkal. Egyrészt sebessége nem relativisztikus, mindössze 1000 km/s nagyságrendű. Másrészt ez a kiáramlás egyáltalán nem nyalábolt. Jelenléte azonban mindenképpen meglepő, ez teljesen új jelenség. Elképzelhető, hogy a rendszerből elvesztett anyag jelentős része tulajdonképpen az egyenlítői zónába kerül, és csak kisebb része a kifúvásokba.

Mennyire relativisztikusak a kifúvások?

A kifúvások relativisztikus természete két különböző dolgot fed. A rádiósugárzó kifúvásokban a szinkrotron sugárzást kibocsátó részecskék legalább olyan relativisztikusak, mint az aktív galaxismagok kifúvásaiban. Ezt a Lorentz-faktoriall jellemezhetjük:

$$\Gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

ahol v a részecskék sebessége. Az elektronok Lorentz-faktora eléri a több százat, ezek tehát ultrarelativisztikusak. A kifúvás anyagának együttes mozgását

leíró Lorentz-faktor ettől eltérő, és a kvazárokból 10-es nagyságrendű. Mikrokvazárokból ezt az értéket nem sikerült még pontosan meghatározni, de valószínűleg 2 körül lehet, a közepesen relativisztikus forrásokra pedig $\Gamma \approx 1$. Egy ideig tartotta magát az elképzelés, hogy neutroncsillag-rendszerekben figyeljük meg a $0.1c$ nagyságrendű sebességeket, míg a fekete lyuk rendszerek képesek nagy Lorentz-faktorú kifúvásokat produkálni. Ez azonban a helyzet nagyon erős leegyszerűsítése. Néhány korábban közepesen relativisztikusnak tartott forrásról utólag kimutatták, hogy nagyobb sebességek is előfordulnak a rendszerben (pl. Cyg X-3, Sco X-1). Továbbá az SS433-ban is egyre valószínűbb a fekete lyuk jelenléte, mégis „csak” közepesen relativisztikus.

Felvetődik a klasszikus probléma is: vajon a megfigyelt szuperfénysebességű mozgás valódi anyag mozgása, vagy inkább egy közegben terjedő hatás. Erre a kérdésre meggyőző választ adtak FOMALONT és társai a Sco X-1 több napos VLBI-megfigyelésével [12.]. A forrásban köztudottan egy neutroncsillag a kompakt objektum, az időnként megjelenő rádiósugárzó komponensek sebessége a fénysebesség néhány tizede. Az egyik ilyen komponens-pár kibővülése után kifényesedett a rádiómag, majd először a közeledő, utána pedig a távolodó kifúvás-komponens. Ezt minden bizonnyal központi energiautánpótlás okozta, ami a megfigyelt plazmacsomóknál nagyobb sebességgel terjedt. A komponensek felfényesedésének időkülönbségéből $v > 0.95c$ sebességet kaptak! Ezek szerint ugyanabban a kifúvásban többféle sebességgel is terjedhet energia, továbbá neutroncsillagok is képesek közel fénysebességgel energiát továbbítani a kifúvásokban.

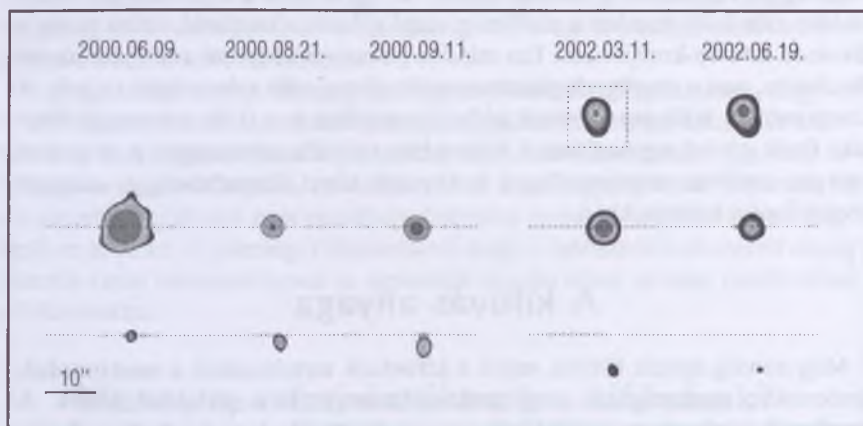
A kifúvás anyaga

Még mindig nyitott kérdés, vajon a kifúvások tartalmaznak-e neutronokat, protonokat, atommagokat, vagy csak elektron-pozitron párokból állnak. A megfigyelt szinkrotron sugárzásból ez nem dönthető el egyértelműen. A pozitronok ugyanis az elektronokhoz hasonlóan sugároznak, a protonok pedig nagy tömegük következtében elenyésző mértékben járulnak hozzá a sugárzás-hoz. Energetikailag viszont fontos lenne tudnunk, hogy a központi energiaforrás milyen teljesítményű, ami függ attól, hogy az elektronok mellett pozitronokat kell-e felgyorsítani, vagy csaknem 2000-szer nehezebb protonokat. Mindaddig sem kvazárokból, sem mikrokvazárokból nem sikerült kimutatni relativisztikus barion⁷ anyagot. Egyes aktív galaxismagoknál gyanítják, hogy a rádiókifúvásoknak van egy barionos természetű, de termális sugárzást ki-

7. A barionok az elemi részecskék egyik családját alkotják, legismertebb képviselőik a proton és a neutron.

bocsátó komponense (ami nem relativisztikus sebességű). De mind ez időig az SS433 az egyetlen olyan rádiósugárzó kifúvásos forrás, ahol optikai és röntgenszínképvonalak alapján atommagok létezését kimutatták.

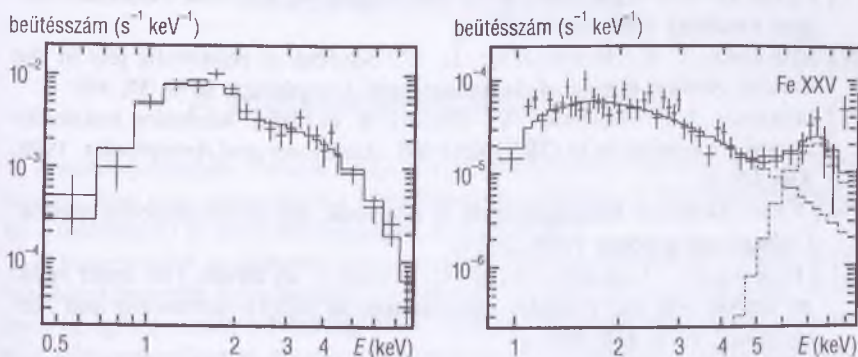
A központi „motor” működésével kapcsolatos másik nyitott kérdés, hogy a kifúvásban lévő elektronok csak rádiótartományban sugároznak, vagy magasabb frekvenciákon is. Ez utóbbi esetben lényegesen magasabb Lorentz-faktorú elektronok léteznek a mikrokvázárokbán, mint eddig hittük. Egyes források kompakt rádiómagjának lapos spektruma kiterjed jóval a milliméteres határon túlra. Néhány kutató úgy tartja, hogy egészen a röntgentartományig kiterjedhet a szinkrotron mechanizmus. Ezt a közelmúltban a *Chandra* mesterséges hold igazolta az *XTE J1550–564* esetében, ahol egymással átellenes irányban mozgó röntgenkomponenseket sikerült feltérképezni (4.4. ábra) [13.]. Ez volt az első eset, hogy röntgentartományban relativisztikus mozgást sikerült kimutatni, és az első közvetlen bizonyíték arra, hogy röntgenkettősök képesek a kifúvás sugárzó részecskéit rendkívül nagy energiákra gyorsítani.



4.4. ábra. Az első relativisztikus kifúvás, amelyet röntgentartományban fedeztek fel, az *XTE J1550–564*-ben. A megfigyelések a *Chandra* mesterséges holddal készültek [13.]

A *Chandra* hasonlóan izgalmas felfedezést tett az SS433-ban is. A forrás hőmérsékleti röntgensugárzást kibocsátó, belső kifúvásai már régóta ismertek voltak, ezek jóval közelebb helyezkednek el a központi kettősrendszerhez, mint a rádiósugárzó kifúvások (és lényegesen kisebb kiterjedésűek is). A központi forrástól sok ezer AU távolságra egy kifúvás – csillagközi anyag ütközési zónát találtak. A zóna röntgenspektrumából nagyon magas hőmérsékletre, mintegy 10^8 K-re lehet következtetni. Ebben a zónában megfigyelték a vas

24-szeresen ionizált vonalát, ami arra utal, hogy a kifúvás képes barionanyag-tartalmát újra felfűteni a kompakt objektum közelében uralkodó hőmérsékletekre (4.5. ábra) [14.]. A megfigyelt kifúvás – csillagközi anyag kölcsönhatás lehet felelős a rádiósugárzó kifúvások csekély lassulásáért (precessziós periódusonként 0.01c), amit a legújabb VLBI-észlelések kimutattak.



4.5. ábra. Az XTE J1550–564 (balra) és az SS433 (jobbra) röntgenkomponenseinek spektruma. Az első esetben a 4.4. ábrán a pontozott keretben lévő forrás spektrumát látjuk, amely vonal nélküli, nemhőmérsékleti jellegű; míg az SS433-ban megjelenik a vas 24-szeresen ionizált vonala. Ez a barionos anyag nagyon magas hőmérsékletre történő felfűtéséről tanúskodik [14.]

Az előző évtizedekhez képest lényegesen megnőtt a röntgenkettősökről és mikrokvazárokról elérhető megfigyelési adatok mennyisége. Ennek következtében várható, hogy az idáig nehezen alátámasztható vagy akár megcáfolható modellek sok új elemmel fognak kibővílni. Csak néhány az érdekes új felvételek közül: mikrokvazárok kifúvásai felelősek lehetnek a megfigyelt ultrarelativisztikus kozmikus részecskékért, és talán jelentős neutrínóforrásként is működhetnek. Néhány kutató a gammakitöréseket is a mikrokvazárokkal rokon jelenségnek tartja. A következő évek biztosan újabb érdekes meglepetésekkel szolgálnak a mikrokvazárok kutatásában.

Irodalom

- [1.] MIRABEL, I. F. – RODRÍGUEZ, L. F.: A superluminal source in the Galaxy. *Nature*, 1994, **371**, 46. o.
- [2.] PARAGI ZSOLT – FREY SÁNDOR: A „legforróbb” kvazárok. *Természet Világa*, 2000/3.
- [3.] FREY SÁNDOR: Kvazárok. *Csillagászati évkönyv 2003*, 222. o.

- [4.] MIRABEL, I. F.–RODRÍGUEZ, L. F.: Microquasars in our Galaxy. *Nature*, 1998, **392**, 673. o.
- [5.] REES, M. J.: Black Hole models for Active Galactic Nuclei. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 1984, **22**, 471. o.
- [6.] ILL MÁRTON: Röntgensillagok. *Csillagászati évkönyv* 1977, 177. o.
- [7.] FEJES ISTVÁN–SCHILIZZI, R. T.: *Tudomány* (a Scientific American magyar kiadása), 1987. április, 30. o.
- [8.] MIRABEL, I. F.–RODRÍGUEZ, L. F.: Sources of relativistic jets in the Galaxy. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 1999, **37**, 409. o.
- [9.] MIRABEL, I. F.–DHAWAN, V.–CHATY, S. és társai: Accretion instabilities and jet formation in GRS1915+105. *Astronomy and Astrophysics*, 1998, **330**, L9. o.
- [10.] FREY SÁNDOR: Rádiógalaxisok és kvazárok: égi háromszögelési pontok. *Csillagászati évkönyv* 1998, 234. o.
- [11.] PARAGI ZS.–VERMEULEN, R. C.–FEJES I. és társai: The inner radio jet region and the complex environment of SS433. *Astronomy and Astrophysics*, 1998, **348**, 910. o.
- [12.] FOMALONT, E. B.–GELDZAHLER, B. J.–BRADSHAW, C. F.: Scorpius X–1: the evolution and nature of the twin compact radio lobes. *Astrophysical Journal*, 2001, **558**, 283. o.
- [13.] CORBEL, S.–FENDER, R. P.–TZIOUMIS, A. K. és társai: Large-scale, decelerating, relativistic X-ray jets from the microquasar XTE J1550-564. *Science*, 2002, **298**, 196. o.
- [14.] MIGLIARI, M.–FENDER, R. P.–MÉNDEZ, M.: Iron emission lines from extended X-ray jets in SS433: reheating of atomic nuclei. *Science*, 2002, **297**, 1673. o.
- [15.] GALLO, E.–FENDER, R. P.–POOLEY, G. G.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2003, **344**, 60. o.

Csizmadia Szilárd Meteorcsillagászat

A meteorcsillagászat tárgya

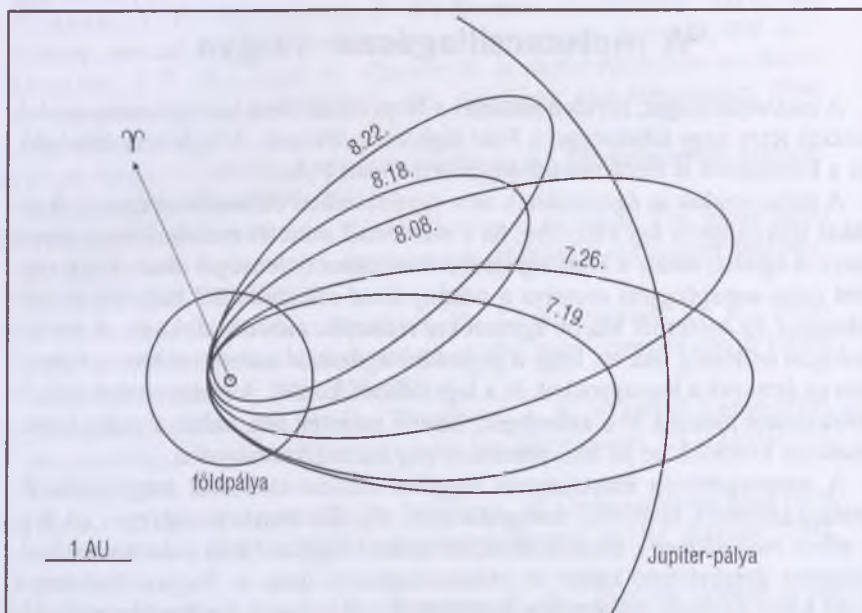
A *meteorjelenséget*, röviden meteort a Naprendszerben keringő *meteoroidok* hozzák létre nagy sebességgel a Föld légkörébe ütközve. A légkörön áthaladó, és a földfelszínt is elérő maradványuk a *meteorit* [1.].

A meteoroidok az égitesteknek nem egyértelműen definiálható típusa. A vitákat legkönnyebb úgy elkerülni, ha a meteoroid méretét mondjuk meg: olyan méretű égitest, amely a Föld légkörébe érve meteorjelenséget okoz. Ezek szerint némi anyagfüggést mutatva a néhány tized milliméternél nagyobb és néhányszor tíz méternél kisebb égitesteket tekintjük meteoroidoknak. A terminológiai nehézség oka az, hogy a planetáris égitestek¹ méretét tekintve folytonos az átmenet a legnagyobbak és a legkisebbek között. A meteoroidok felfelé folytonosan mennek át a kisbolygók, kisebb méretek felé haladva pedig folyamatosan kerülnek be az interplanetáris por mérettartományába.

A meteorjelenség fényességétől függően sokféle eszközzel megfigyelhető: szabad szemmel, távcsővel, fotografikusan, digitális fényképezőgéppel (8. kép a színes mellékletben), képerősítőcsővel ellátott vagy anélküli videokamerával, valamint detektálható radar- és rádiócsillagászati úton is. Nagyon érdekes a Föld körül keringő mesterséges égitestekről (akár úgy is fogalmazhatunk: kívülről) megfigyelt meteorjelenség látványa. Ugyancsak észlelhetünk egy másik égitest légkörében bekövetkezett meteorjelenséget: például elméletileg a Földről detektálhatnánk a Vénusz éjszakai oldalán bekövetkező meteorfelvillanást. A Hold esetében már többször (legutóbb 1999-ben és 2000-ben) észlelték a meteorjelenség légkör nélküli megnyilvánulási formáját: a meteoroidok légel-lenállás híján fékeződés és elégés nélkül csapódtak be a Hold felszínébe, és a keletkező forró plazmafelhő a Földről is látható volt [2.]. A manapság legmodernebbnek tartott CCD-technikával kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy a meteorok rögzítése terén a fotográfiát még nem váltotta fel a CCD-technika. Ennek elsősorban a CCD-k rendkívül kis látómezeje az oka.

1. Planetáris égitestek a kb. 13 Jupiter-tömegnél kisebb tömegű testek, ezekben soha nem indul be magfűtődés.

A meteoroidok (és az általuk létrehozott meteorok) lehetnek *meteorrajokba* sorolhatók vagy sporadikusak. Minden olyan meteor(oid) sporadikus, amely nem meteorraj tagja. A meteorrajok közös eredetű meteoroidok csoportját jelentik. A *közös eredet* hangsúlyozása azért fontos, mert ugyanazon meteorraj tagjai a közös eredet ellenére egészen különböző naprendszerbeli pályákat írhatnak le, ami több eltérő radiánspontot eredményezhet az éggömbön (5.1. ábra).



5.1. ábra. A Déli Ióta Aquaridák meteorraj tagjainak pályája jelentős változásokat mutat az aktivitási időszakban

Természetesen nemcsak olyan meteorrajok léteznek, amelyeket a Földdel történt találkozás következtében ismerhetünk fel. Meteorrajok felfedezésére radarcsillagászati úton és infravörös tartományokban végzett megfigyelésekkel egyaránt esély van. Az *IRAS* és az *ISO* műholdakkal meg is figyelték például a *Themis*, *Koronis* és *Eos* kisbolygócsaládokhoz, valamint a *Tempel-1*, *Tempel-2*, *Encke*-, *Kopff*-, *Gunn*-, *Schwassmann-Wachmann-1*-, *Pons-Winnecke*- és a *Churyumov-Gerasimenko*-üstökösök pályáján húzódó keskeny porcsóvákat. ISO-mérések alapján a *22P/Kopff*-üstökös meteoroidra mintegy 220 K hőmérsékletű porból áll. Ez kb. 20 K-nel magasabb hőmérsékletet je-

lent, mint ami — a megfigyelés idején 2 AU távolságban — várható lett volna. Az eltérés oka nem ismeretes. [3.] A *Az infravörös égi háttér* című cikkben a 3.3. ábra az *Encke-üstököshöz* asszociált *Taurida-meteorraj* egy részletét mutatja be infravörös tartományban.

A meteorrajok többnyire igen ritka anyageloszlásúak. A szerző vizsgálatai szerint [4.] a *Leonidák* 1998-as visszatérésekor a raj legsűrűbb részében két Leonida-meteoroid átlagos távolsága egymástól 137 km volt. A *Perseidák* 2001-es visszatérésekor ugyanez az érték 106 km-nek adódott. A rajok más részei még ennél is ritkábbak. Ezeket a számokat inkább nagyságrendi becsléseknek kell tekinteni. Érdeemes azonban észben tartani, hogy a Föld távolságában egy Leonida-meteor kb. két másodperc alatt tesz meg 137 km-t!

Történeti áttekintés

A meteorcsillagászat kezdetei az ókori görögökig nyúlnak vissza, hogy aztán ugyanők el is rekesszék az ilyen irányú kutatások folyamát. Apollóniai DIOGENÉSZ a Kr. e. 467-ben Aigospotamoiban történt meteorithullás nyomán bizonyosnak tartotta, hogy az akkor lehullott „szekérnyi” szikladarab égi eredetű, és számos más — az aigospotamoihoz hasonló — kicsi és ezért láthatatlan kődarab kering a világűrben [5.]. Ezzel a nézettel ma is teljesen egyetértünk. A Kr. e. 300-as években élt ARISZTOTELÉSZ a meteorjelenséget légköri eredetűnek tartotta², ami szintén teljes mértékben megállja a helyét. A meteorjelenséget létrehozó égitestekként azonban nem fogadta el Diogenész köveit, és ezzel a meteorokat kizárta a csillagászati kutatásokból. Így egészen a 18. század végéig a csillagászok lényegében nem foglalkoztak a meteorokkal. Ennek ellenére Kínában, Koreában, Japánban, az arab világban és sok európai feljegyzésben tettek említést meteorokról, különösen meteorzáporokról. A meteorok Földön kívüli eredetét CHLADNI és diákjai mutatták ki 1794-ben³.

A Leonidák 1799-es váratlanul erős meteorzápora ismét fokozta a meteorok iránti érdeklődést. Erőteljes lökést adott a meteorcsillagászati kutatásoknak a *Biela-üstökös* 1846-ban történt szétesése, és az a meglepő esemény, hogy a következő visszatérés idején az üstökös helyett az *Andromedidák* meteorraj jelentkezett. A meteorrajok létezésének és az üstökösökkel való kap-

2. Maga az Arisztotelész által adott elnevezés, a *meteor* szó is „ég és föld között lebegőt” jelent.

3. Kevésbé közismert, hogy Chladni két diákja csak a meteorok kisebb részéről mutatta ki, hogy az égbolt felől haladnak a Föld felé, a többség alulról felfelé haladónak tűnt. Ennek oka az észlelők közötti kis bázistávolság és az észlelések pontatlansága volt. Csak az 1830-as évek után sikerült statisztikailag is megbízhatóan igazolni a meteorok égi eredetét.

csolatának felismerésétől (WEISS, A. HERSCHEL, SCHIAPARELLI), azaz az 1830–1860-as évektől számíthatjuk a meteorcsillagászat kezdetét⁴. Ezt követően DENNING angol amatőr csillagász a 19. század végén és a 20. század elején rengeteg új meteorrajt fedezett fel. A kanadai és brit-szigeteki amatőr csillagászok tevékenységéhez csak a II. világháború után csatlakoztak más nemzetek amatőrjei. Az észt ÖPIK két világháború közötti professzionális kutatásait is ekkor folytatták (főként F. WHIPPLE), és ekkor kezdték el a radarral történő meteormegfigyeléseket. Sajnálatos módon a meteorok radarral történő észlelése azonban csak néhány obszervatóriumban folyik több-kevesebb rendszerességgel. A mai meteorcsillagászati ismeretek tehát nagyrészt amatőr csillagászok vizuális és fotografikus megfigyelésein alapulnak!

Kevésbé közismert, hogy KONKOLY THEGE MIKLÓS lényeges szerepet játszott a meteorcsillagászat megalapozásában. A meteorok színképének vizsgálatával ő mutatta meg elsőként, hogy a meteorok az üstökösökből származnak. Konkoly és munkatársai (professzionális és műkedvelő csillagászok, valamint egyetemi hallgatók) Ógyallán és másutt szimultán megfigyeléseket is végeztek. A megfigyeléseket főként TERKÁN LAJOS dolgozta fel. Az ógyallai rádiánsmeghatározási módszerek egyébként fejlettebbek, megalapozottabbak a ma használatosaknál [6., 7., 8., 9., 10.]. A magyar amatőr csillagászok az 1970-es években újítták fel a meteorcsillagászat hazai művelését, és nemzetközileg elismert eredményeket is értek. Remélhetőleg ez az írás is hozzájárul ahhoz, hogy a hazai meteorészlelő munka ismét fellendüljön.

A meteorrajok

A meteoroidok eredete

A meteoroidok nagyrészt az üstökösökből származnak: az üstökös napközelsége idején a felszínéről elszabadult porrészecskék nem térnek vissza az üstökösre, hanem önállóan keringenek tovább a Naprendszerben. Arányaiban kisebb részben hoz létre meteoroidokat a kisholygók ütközésekor keletkező törmelékanyag. A főövbeli és a földsúroló kisholygók egyaránt lehetnek meteorrajok forrásai, mivel a naprendszerbeli kaotikus mozgások és a szekuláris perturbációk miatt ezek a földpályát keresztező pályára is állhatnak [11.]. A kisholygók becsapódása nagyobb égitestek felszínébe szintén meteoranyag

4. A 19. század végéig nem volt egészen világos, hogy a meteorok álltak-e össze üstökössé – ezt a nézetet pl. Schiaparelli képviselte, vagy az üstökösökből lettek-e a meteorok – amint azt Weiss már 1839-ben állította. Ez utóbbi bizonyult a helyes nézetnek.

forrása. Például a *Corvidák* meteorraj pályája 1178-ig visszakövetve a Holdból indul. A marsi eredetű meteoroidok származása hasonló⁵.

Meteoroidok származhatnak akár más csillagok környezetéből is. Egy csillag erős csillagszele kifújhat a csillagközi térbe apróbb meteoroidokat, amelyek aztán bejuthatnak a Naprendszerbe. A gammakitörések erős sugárzása, a szupernóvák lökéshullámai egyaránt bejuttathatnak (és be is juttatnak!) a Naprendszer belső tartományaiba Naprendszeren kívüli eredetű meteoroidokat [12.].

A meteorrajok keletkezése

Az általánosan elfogadott elképzelés alapján a meteorrajok főként üstökösökből keletkeznek. Whipple már 1951-ben megállapította, hogy az üstökösökből elszabaduló por sebessége 100 és 1000 m/s között van (az üstököshöz képest), ami számottevően kisebb, mint a napközben járó üstökösök több tízezer m/s sebessége [13.]. Ezért a kiszakadt por tömegegységre vonatkoztatott mozgási energiája és perdülete nem tér el jelentősen az üstökösétől, következésképpen a távozó por lényegében az üstököshöz hasonló pályán halad tovább a Naprendszerben. A fél nagyteengelyben mutató perturbáció például mindössze 1–2 ezreléknyi változást okoz. Ez a csekély különbség a por keringési periódusában mindössze

$$\Delta P = 3P \Delta a / 2a \quad (1)$$

nagyságú periódusváltozást jelent (Δa a fél nagyteengelyben bekövetkezett változás). Ha egy 76 év keringési idejű üstökösökből kiszabaduló por pályájának fél nagyteengelyét a perturbáció 1 ezrelékkal módosítja, akkor a por keringési ideje majdnem másfél hónappal módosul! Az üstökös és a meteoroid keringési idejének különbsége miatt a perihéliumátmenetek időpontjai egyre inkább eltérnek, azaz a meteoroid egyre távolabb kerül a szülő égitesttől. Mivel minden egyes kiszabadult porszemcse kicsit más pályára kerül, a teljes poranyag idővel el fog oszlani a pálya teljes hosszában, és kiterjedt, folytonos eloszlású burkot alkot az üstökőspálya körül. A por eloszlásához a következő fejezetben ismertető hatások is nagymértékben hozzájárulnak.

A meteorrajok mozgása a Naprendszerben

Ismeretes, hogy a nagy- és kisbolygók mozgását tisztán gravitációs eredetű hatások összegeként lehet leírni, amely gyakran vezet kaotikus pályához. Üstökös esetében a mozgásegyenlet már bonyolultabb, mert a gravitáció

5. Ilyen módon került a Marsról a Földre az *ALH 84001* meteorit is (Csillagászati évkönyv 2002, 162. o.).

mellett a rakétahatásokat is figyelembe kell venni. Rakétahatásoknak az üstökösből kiáramló por és gáz által okozott perturbáló erőket nevezzük [14.].

Meteoroidok esetében a helyzet még bonyolultabb, ugyanis — bár rakétahatás nincs — sok egyéb tényező van, ami számottevően befolyásolja naprendszerbeli mozgásukat:

1. gravitációs kölcsönhatások a Nappal;
2. gravitációs kölcsönhatások a nagybolygókkal;
3. a napfény sugárnyomása;
4. a Poynting — Robertson- és Jarkovszkij — Radzijevszkij-hatás;
5. kölcsönhatás az elektromosan töltött napszéllel;
6. fékeződés a bolygóközi poron;
7. fékeződés a semleges interplanetáris gázon;
8. kölcsönhatás az interplanetáris mágneses térrel.

A napszéllel történő kölcsönhatás (5.) azt jelenti, hogy a meteoroidok a napszél, de főként a Nap ultraióblya sugárzása hatására elektromosan feltöltődnek. Így mozgásuk tárgyalásában a Lorentz-erő fellépte miatt figyelembe kell venni a naprendszerbeli mágneses erőtereket. A mágneses térrel történő kölcsönhatás (8.) emellett a vasból, nikkelből, kobaltból álló, tehát mágnesezhető anyagú szemcsék esetében is lényeges lehet. Az interplanetáris és az intersztelláris porral kapcsolatban a *Galileo* és az *Ulysses* űrszondák mérései szerint a Jupiter kiterjedt magnetoszférája jelentősen módosíthatja a kisebb meteoroidok pályáját, sőt bizonyos feltételek teljesülése esetén a Jupiter és a Szaturnusz maga körüli pályára kényszerítheti ezeket az apró égitesteket. Minthogy a meteoroidok tömege elhanyagolható a Nap és a bolygók tömegéhez képest, a gravitáció hatása ugyanakkora a nagyobb és kisebb meteoroidokra. Az összes többi nem gravitációs effektus (3–8.) nagysága azonban függ a meteoroid méretétől és esetleg anyagi jellemzőitől is.

A meteorrajok mozgását elsősorban a Nappal történő gravitációs kölcsönhatás kormányozza. Természetesen a meteoroidok a Naprendszer nagybolygóinak hatására jelentős gravitációs eredetű perturbációkat szenvednek el [15.]. Ennek egyik érdekes következménye a meteorrajok lefékeződése a Jupiterrel való rezonancia miatt [16.]. A Jupiterrel 1:1 arányú középmozgás rezonanciában vannak a *Júniusi Bootidák* és az *Andromedidák*; 1:2 arányú rezonanciában a *Libridák*, a *Júniusi Lyridák* és a *Júliusi Phoenicidák*, 2:1 arányú rezonanciában a *Pegasidák*, 3:4 arányú rezonanciában a *Decemberi Phoenicidák*. A rezonanciák miatt az egyes meteoroidok csomóvonala nagyon különböző sebességgel precesszáló mozgást végez, amely egyaránt lehet előretartó vagy ingadozó.

A rezonancia hatása akkor a legerősebb, ha a meteoroid a Jupiterrel való együttálláskor éri el naptávolpontját. Ekkor ugyanis a gravitációs perturbációk hatására a meteorrajban különböző ív alakú csomósodások, sűrűsödések

jönnek létre, szélsőséges esetben akár a meteorraj kettéválása is elképzelhető. Minden egyes ilyen ív olyan rajtagokból fog állni, amelyekre a felszálló csomó hosszának változási sebessége azonos. Ez a sebesség a rajtagokra nézve nagyon különböző lehet. A modellszámítások szerint az ívképződés akkor jelentős, ha a meteorraj inklinációja és excentricitása nagy. Az ilyen ívek kialakulásához szükséges idő — a pályaelemektől és a rezonancia erősségétől függően — 1000 és 10 000 év közötti, tehát csillagászati értelemben véve rendkívül rövid! Nem rezonáns esetekben azonban egyáltalán nem képződnek ívek.

A naprendszerbeli szekuláris rezonanciáknak, valamint a kaotikus mozgásoknak nagy szerepük van abban, hogy a kis méretű égitestek a kisbolygóövezetből a Naprendszer belsőbb tartományai felé vándoroljanak.

A Föld közelében elhaladó és Földnek ütköző meteoroidok vizsgálata esetén a Föld és a Hold gravitációs vonzóerejét is figyelembe kell venni. Egyik fontos hatás a *radiánselhajlás*: a Föld felé tartó meteoroid pályája a Föld gravitációs hatására a földfelszín felé görbül, ennek következtében a meteorraj radiánsa magasabban látszik az eredeti pályából adódó radiánsnál. Az eltérés értéke több fok is lehet.

POYNTING 1903-ban mutatta meg, hogy ha egy naprendszerbeli kicsiny égitest (meteoroid, bolygóközi porszemcse) napfényt nyel el, majd azt (általában más hullámhosszon) újból kisugározza, akkor ez az égitestre a mozgás érintőjének irányában ható fékező erőt okoz, mivel az egy irányból (a Nap felől) érkező fotonokat a szemcse a tér minden irányában sugározza szét. A fékező erő csökkenti a meteoroid pályaperidületét, emiatt az spirális pályán közelít a Naphoz, végül belezuhan. ROBERTSON 1937-ben ezt a hatást számításokkal részletesen nyomon követte, ezért a jelenséget azóta *Poynting – Robertson-hatásnak* nevezik.

WYATT és WHIPPLE 1950-ben kiszámították, hogy egy 1 g/cm^3 sűrűségű és 0.01 cm méretű Taurida-meteoroid 50 000 év alatt zuhanna így a Napba. Nagyobb, az 1 cm-es mérettartományba eső meteoroidokra (ilyeneket lehet meteorokként észlelni), 110 millió év szükséges a Napba zuhanáshoz [17.]. Ez azonban a Naprendszer korának mindössze 2%-a.

Ha a meteoroid forog, akkor — a forgási sebességtől, a méretétől és hővezető képességétől függően — nemcsak a mozgás érintőirányában, hanem arra merőlegesen is fellép egy erő. Ha a forgás és a Nap körüli keringés iránya ellentétes egymással, akkor ez az erő fékezi a meteoroidot és ily módon gyorsítja a Napba való zuhanást. Ha a tengelyforgás és a keringés iránya megegyező, akkor viszont gyorsítja a meteoroidot, azaz lassítja a meteoroid bezuhanását. Ez a jelenség a *Jarkovszkij – Radzijevszkij-hatás*. Az effektust először JARKOVSZKIJ vizsgálta 1900-ban, majd tőle függetlenül 1952-ben RADZIJEVSKIJ újrafelfedezte és végigszámolta a jelenséget. A meteoroidok forgási periódusáról ma még semmit sem tudunk, de ha ez $0.1 - 1^s$ közötti, akkor a

Jarkovszkij – Radzijevszkij-effektus fontos befolyásoló tényezője lehet a meteoroidok naprendszerbeli mozgásának.

A Napból származó elektromágneses sugárzás nyomása a meteoroidokra a Naptól kifelé mutató erőt fejt ki, ez tehát a Nappal összekötő egyenes mentén a Naptól folyamatosan távolítani igyekszik a meteoroidot. A jelenség fiatal csillagoknál is ismert: fúziós energiatermelésük kezdetén felragyogva sugárnyomásukkal mintegy kiséprik maguk körül a még megmaradt, kis méretű porszemcséket. A sugárnyomás nagysága átlagosan harmada-negyede a Poynting – Robertson-hatás nagyságának, és más irányban fejt ki erőt a meteoroidra.

A napszél jórészt kétszeresen ionizált héliumatomokból áll. Ezek a részecskék, a semleges meteoroidnak tapadva azt elektromosan feltölthetik. Ha a meteoroid ezután ismét semlegessé válik, az az előbb tárgyalt két hatáshoz hasonlóan befolyásolja mozgását.

A semleges bolygóközi poron áthaladva a meteoroid fékeződik. Ez a fékezés a Poynting – Robertson-hatáshoz hasonló következménnyel jár, nagysága annak $(2 \cdot 10^{21} C_D a^{3/2} \varrho_B)$ -szerese, ahol C_D a fékeződési együttható, értéke 1 – 10 közötti; ϱ_B a bolygóközi por sűrűsége (kb. $2.5 \cdot 10^{-22} \text{ g/cm}^3$). Ez tehát gyorsítja a meteoroidok Napba zuhanását. Ha $C_D = 2$ és $a = 3 \text{ AU}$, akkor a semleges bolygóközi por által kifejtett fékezőerő a Poynting – Robertson-hatásból származó erő 2,6-szerese.

Végezetül tovább fékezi az elektromosan töltött meteoroidokat a bolygóközi mágneses tér, valamint a bolygók – főleg a Jupiter – kiterjedt és erős magnetoszférája. Sajnos, eddig még nem foglalkoztak azzal, hogy ez mekkora hatással van a meteoroidok mozgására.

A meteoroidok mozgását megbízhatóan, a meteorraj teljes élettartamára kiszámítani jelenleg nem lehet. Rövid távú, néhány évre szóló előrejelzéseket azonban tehetünk – amint ezt az utóbbi években a meteorzápor-előrejelzések rohamosan növekvő pontosságá mutatta.

A meteorajok kora

Az üstökösök belső naprendszerbeli élettartamának nagyságrendi becslésére jól használható a következő formula:

$$T_k = \frac{4R_0 a^2 \sqrt{1 - e^2} \varrho_k \lambda_k}{FE_\odot} \quad (2)$$

ahol R_0 az üstökös kezdeti sugara, ϱ_k a sűrűsége, λ_k szublimációs hője, F pedig egy arányszám, amely megmutatja, hogy a Napból érkező hőmennyiség mekkora része fordítódik az üstökös anyagának szublimációjára. Ennek

alapján például a *Halley-üstökös* mindössze $\sim 224\,000$ évet él a belső Naprendszerben, utána megszűnik üstökösként létezni, mert elfogy az illó anyaga. A becslés azonban meglehetősen pontatlan, mert a *Halley-üstökös* pályája — és rendszerint a többié is — kaotikus, így a és e időben változó mennyiség.

JONES, MCINTOSH és HAWKES számításai szerint egy meteorraj életkora szülő üstököse belső naprendszerbeli élettartamától, és az üstökösből kibocsátott por mennyiségének az üstökös tömegéhez viszonyított p arányától

$$T_m = T_k(1 - (1 + 4p))^{1/3} \quad (3)$$

szerint függ. A meteorraj életkorának meghatározásához ezek szerint elegendő, ha ismerjük a szülő égitest tömegét, és meghatározzuk a raj jelenlegi tömegét. Ilyen jellegű vizsgálatokból az Orionidák életkorára mindössze $23\,000$ évet kaptak. Ez a Naprendszer korának csak öt milliomod része. A meteorrajok tehát — bár mindig jelen vannak — csak pillanatszerű epizódok a Naprendszer életében [18.]!

Lényeges, hogy még ugyanazon meteorraj különböző részei sem egyforma korúak. Ennek oka a keletkezésben keresendő: az üstökös egymás utáni visszatérései folyamán újabb és újabb részecskéket bocsát ki magából. Ez fiatalabb rajoknál (pl. a Leonidáknál) figyelhető meg jól. A Leonidákban jól szétválík az ókori visszatérések, az 1366. évi és a későbbi visszatérések során kibocsátott meteoranyag. Ezért változik a meteorrajok évről évre megfigyelhető tömegeloszlása és aktivitásának mértéke.

A meteorrajok időbeli fejlődése

Általánosságban a meteorrajok fejlődését a rajtagokra ható erők, a szülő égitest napközelségének idején kapott anyagutánpótlás és a Földdel való találkozások során bekövetkező anyagvesztés határozza meg. A meteoroidok mozgásának következtében a raj rendszerint szétszóródik, számsűrűsége az idő múlásával csökken, ezért a Föld egyre ritkábban ütközik rajtaggal. Az észlelhető aktivitást tovább csökkenti, hogy a rajtagok elégnék a Föld légkörében vagy a Földre hullanak. A kisebb méretű (és tömegű) rajtagokat a nem gravitációs eredetű hatások jobban szétszórják, míg a nagyobb tömegűek az eredeti pályához közelebb maradhatnak. A raj fiatalabb korában tehát a nagyobb tömegűek gyakrabban ütköznek a Földdel, és ez nagyon gyorsan apasztja számukat. Emiatt megváltozik a raj tömegeloszlása, az öregebb rajtagokban főleg kisebb meteoroidok vannak, amelyek halványabb fényjelenséget és kisebb aktivitást produkálnak. Ez igen szembetűnő a gyakorlott észlelők számára a Capricornidák és a Perseidák összehasonlításával. Ugyanakkor egy viszonylag öreg meteorraj is produkálhat kitöréseket, ha a rajtagok szétszóródását vala-

milyen hatás (pl. valamelyik nagybolygóval való rezonancia) megakadályozza, vagy kifejezetten „összegyűjti” a meteoroidokat.

A meteorrajok tömegeloszlása (az m tömegű meteorok $N(m)$ számát megadó függvény) a tapasztalatok szerint hatványfüggvény alakú:

$$N(m) = Am^{-s} \quad (4)$$

ahol A a meteorrajra jellemző állandó, s pedig a *tömegexponens*.

A meteorraj teljes tömegét nyilvánvalóan úgy kapjuk, hogy ezt a függvényt integráljuk a meteorrajban előforduló legkisebb meteoroidtömegtől a legnagyobbig:

$$\text{ha } s = 1, \quad \text{akkor} \quad \mathfrak{M}_{\text{raj}} = A \ln \frac{m_{\text{max}}}{m_{\text{min}}} \quad (5)$$

$$\text{ha } s \neq 1, \quad \text{akkor} \quad \mathfrak{M}_{\text{raj}} = A \frac{m_{\text{max}}^{1-s} - m_{\text{min}}^{1-s}}{1-s} \quad (6)$$

A meteorraj tömegeloszlása a tömegexponens segítségével jellemezhető. A tömegexponens szoros kapcsolatban áll az észlelésekből meghatározható *populációs indexszel*: $s = 2.5\zeta \log r$, ahol r a populációs index, ζ pedig a meteorok tömege és maximális luminozitása közötti kapcsolatban a tömeg kitevője ($L_{\text{max}} \sim m^\zeta$). A videokamerás meteorészlelések szerint ζ 0.8–0.9 közötti szám [18.].

A megfigyelések szerint a populációs index a meteorrajokban évről évre változik. Mivel a rajok keringési ideje rendszerint több évtized, és megbízható fényességeloszlások csak az 1980-as évek elejétől állnak rendelkezésre, a meteorrajok még nincsenek teljesen feltérképezve. Az egyes rajok feltérképezéséhez és a különböző szegmensekben a tömegexponens időbeli változásainak kimutatásához az amatőrcsillagászok több évtizednyi folyamatos megfigyelésére van szükség. Ezeket radar- és rádiós megfigyelésekkel ki lehet (kellene) egészíteni. Tehát a meteorrajok fejlődéséről ma még csak elméleti oldalról beszélhetünk, az állítások megfigyeléssel történő ellenőrzése még várat magára.

Az egyik legalaposabban vizsgált meteorraj, a Perseidák fejlődését sokan tanulmányozták. BROWN és JONES 1998-as szimulációi alapján a raj magja 15–35 000 éves, a legidősebb részei azonban kb. százezer évesek. A raj teljes egészére nézve a tömegeloszlás vajmi keveset változhatott, annak ellenére, hogy a raj a nagyjából 130 éves keringési időnek megfelelő időközönként, napközben újabb és újabb meteoroidokkal gyarapodott; másfelől viszont a Földdel való találkozások során sok meteoroid elégett, ezért a raj tömege csökkent. A Perseidák 1992-es kitöréséért a Jupiter és a Szaturnusz gravitációs perturbáló hatása volt a felelős. E két bolygó perturbáló hatása a rajtagokat befelé lökte,

így azok ütközhetnek a Földdel [19.]. Az *Alfa Monocerotidák* 1995-ös kitörését szintén a Jupiter perturbáló hatása okozta.

Rajstatisztikai jellemzők

A meteorrajokat a raj pályaelemei mellett számszerűen a rajstatisztikai jellemzőkkel lehet leírni:

- *populációs index*: megadja, hogy egy magnitúdóval halványabb fényességosztályban hányszor több rajmeteor található.
- *tömegexponens*: a (4) egyenlet által definiált s mennyiség.
- *ZHR*: (Zenithal Hourly Rate, azaz zenitre redukált óránkénti darabszám) egy megfigyelő által egy óra alatt látható rajmeteorok száma ideális körülmények között⁶.
- *fluxus*: a Naptól pontosan 1 AU távolságban, a raj haladási irányára merőlegesen elhelyezkedő, 1000×1000 km területű négyzeten egy óra alatt áthaladó rajmeteorok száma. (Mértékegysége: db/óra/millió km^2).
- *térbeli számsűrűség*: a Naptól pontosan 1 AU távolságban egy 1000 km élhosszúságú kockában található rajmeteorok száma. (Mértékegysége: darab/milliárd km^3).
- *össztömeg*: a rajban található összes meteoroid együttes tömege.

Ezen mennyiségek kiszámítására a jelenlegi legpontosabb és legmegbízhatóbb módszert KOSCHACK és RENDTEL dolgozták ki 1990-ben [20., 31.]. A módszer ismertetése meghaladná a cikk terjedelmét, itt mindössze a végeredményeket ismertetjük.

A populációs index (általában 6–30% relatív hibájú) meghatározása után a ZHR-t a

$$ZHR = \frac{Nr^{6.5-m_h}}{T_{\text{eff}} \sin h(1 - K/100)} \quad (7)$$

egyenlettel számítják ki (N az észlelt rajmeteorok száma, m_h a szabadszemes határmagnitúdó, T_{eff} az effektív megfigyelési idő, h a radiáns horizont feletti magassága, K az égbolt megfigyelő elől eltakart része %-ban). A fluxust a

$$Q = \frac{ZHR(13.1r - 16.5)(r - 1.3)^{0.748}}{37\,200 \text{ km}^2} \quad (8)$$

egyenlet adja, míg a térbeli számsűrűséget a

$$\varrho_N = \frac{Q}{3600 v_{\infty}} \quad (9)$$

6. Ideálisnak nevezzük a meteorészlelési körülményeket, ha a radiáns a zenitben található, a határmagnitúdó 6.5 és a megfigyelő a teljes égboltot láthatja.

ahol v_∞ a meteorraj geocentrikus sebessége a Föld légkörébe való belépéskor.

Ezt a módszert egyébként vizuális megfigyelésekre dolgozták ki, tekintve, hogy a legtöbb információt a rajstatisztikai jellemzőkről még a 3. évezred elején is az amatőr csillagászok vizuális megfigyeléséből nyerik. A módszer szinte módosítás nélkül alkalmazható lenne nagy égterületet lefedő fotografikus és videós megfigyelésekre is.

A ZHR-számítás a meteorcsillagászat egyik legvitatottabb kérdése. A ZHR-számítás alapegyenletének a (7) tekinthető, azonban ezt

$$ZHR = ZHR_0 \cdot K(h) \cdot C_e \quad (10)$$

alakra érdemes írni, ahol ZHR_0 a

ZHR-nek horizont feletti magasságtól független, $K(h)$ pedig az attól függő része. A C_e az egyéb korrekciós tényezőket foglalja magában. Például a holdfénytől, vagy az észlelő látómezejének középpontja és az adott raj radiánss közötti távolságtól, vagy az észlelő csoport létszámától függő korrekciót jelenthet.

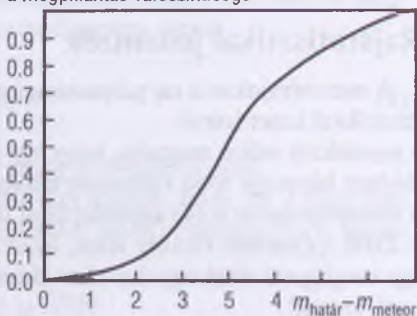
A zenittávolságtól függő részt általában

$$K(h) = \sin^\gamma(h) \quad (11)$$

alakban írják fel. A γ kitevőt zenitexponensek is hívják, a legnagyobb nézeteltérés éppen ezen exponens értéke körül van. Rendszerint (mint pl. Rendtel és Koschak, vagy a magyarországi adatfeldolgozások) $\gamma = 1$ értékkel számolnak. Egyszerű geometriai megfontolások is erre vezetnek.

ZVOLANKOVÁ a zenitexponensre 1.47-et javasolt, azonban rámutatott arra, hogy az függhet a populációs indextől [21.]. Erre nézve JENNISKENS folytatott vizsgálatokat [22.]. Különböző radiánsmagasságoknál végzett észlelésekből kiszámolta a ZHR-eket $\gamma = 1$ feltételezésével, majd ábrázolta a $ZHR/(ZHR)_0$ mennyiségeket különböző radiánsmagasságoknál. Belátható, hogy ez megadja a $K(h)$ függvény menetét. Az 5.3. ábra vízszintes tengelyén a radiáns horizont feletti magassága (h_R) szerepel. A függőleges tengelyen a meteorok gyakorisága a radiánsmagasságra való korrekció előtt, osztva a $\gamma = 1$ feltétele-

a megpillantás valószínűsége



5.2. ábra. Meteorok megpillanthatóságának valószínűsége a határmagnitúdó – meteorfényesség különbség függvényében [20.]. Az észlelt meteorszámokat ezzel a görbével kell korrigálni a valódi populációs index meghatározásához

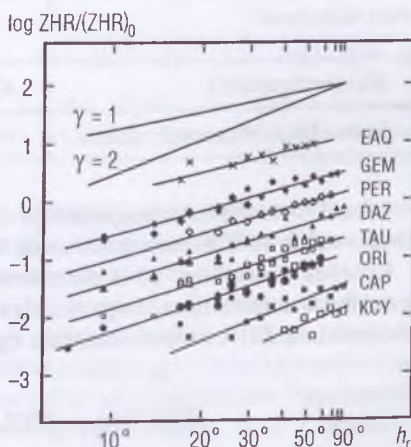
zéssel számított ZHR_0 -lal. E mennyiség logaritmusát ábrázolva h_R függvényében Jenniskens megkapta γ értékét különböző meteorrajokra. Az ábra tetején egyenes vonalak szemléltetik, hogy milyen meredekségű egyenesek tartoznának $\gamma = 1$, illetve $\gamma = 2$ értékekhez. Jól látható, hogy a meteorrajokra γ e két érték közötti. Jenniskens arra a megállapításra jutott, hogy a zenitexponens és a populációs index között az alábbi kapcsolat áll fenn:

$$\gamma = 1 + 1.08 \log r \quad (12)$$

Mivel a meteorrajok populációs indexe ismereteink szerint 1.4–3.6 (de inkább csak a 2.1–3.4) közé esik, a zenitexponens 1.16–1.60 között lehet. E szélsőértékek átlaga (1.38) igen közel van a Zvolanková által javasolt értékhez.

Fontos megjegyezni, hogy ha nem $\gamma = 1$ értékkel számolunk, a fluxus és térbeli számsűrűség Koschack – Rendtel-féle számítási eljárása nem alkalmazható, mert azt speciálisan $\gamma = 1$ -re dolgozták ki!

Nagyon érdekes kérdés, hogyan lehet figyelembe venni a holdfény hatását a ZHR-ben. Ennek megállapításához a teljes holdfogyatkozások alatt végzett meteormegfigyelések segítettek. Eszerint célszerűtlen meteormegfigyeléseket végezni telehold környékén (ha a Hold fázisa 70%-nál nagyobb és a Hold 5°-nál magasabban van a horizont felett). Ha a Hold fázisa 70%-nál kisebb, és a Hold 30°-nál alacsonyabban van a horizont felett, akkor nyugodtan észlelhetünk. A tapasztalatok szerint ilyenkor a holdfény ellenére is megbízható ZHR-eket kaphatunk, erősebb holdfénynél azonban szinte lehetetlen megfelelő korrekciós faktorokat találni [22.].



5.3. ábra. A radiánsmagasság-korrektúra meghatározása Jenniskens módszerével

Az éves meteoraktivitás

Az év folyamán a meteoraktivitás nem egyenletes: a sporadikus háttérre az egyes meteorrajok aktivitása is ráakodik. Mind ez idáig az évi meteoraktivitásról a legátfogóbb vizsgálatokat P. JENNISKENS holland csillagász végezte [22., 32., 33., 34., 35.]. Vizsgálataihoz 16 amatőrcsillagász 4482 órányi meteormegfigyelése alatt észlelt 110 538 meteor adatát használta fel (az észlelési intervallumok mindegyike legalább 24 perc effektív időtartam hosszúságú), a határmagnitúdó legalább 5.2 és a takartság 20%-nál kisebb. A takartság a felhők, épületek, fák és egyéb tereptárgyak által a megfigyelő elől eltakart égboltrész nagysága a teljes égbolthoz viszonyítva, %-ban kifejezve. Az analízishez felhasznált megfigyelések jelentős része rajzolásos technikával készült. E munkájáért 2003-ban az IAU Jenniskensről kisbolygót nevezett el.

A sporadikus háttér $HR_{\text{kor}} = 10$ db/óra nagyságú⁷. Ezt a számot szinte kanonikus mennyiségként kezelik a meteorcsillagászatban. Ismeretében megadható, hogy különböző határmagnitúdójú égbolton legalább hány darab meteort láthatunk⁸:

Határmagnitúdó	4.5	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5
Sporadikus meteorok száma	0.9	1.6	2.3	3.3	4.8	6.9	10

4.5-nél rosszabb határmagnitúdójú égen – erősebb rajaktivitások időszakán kívül – akár le is mondhatunk arról, hogy 1 óra alatt meteort látunk.

Érdekes eredményt ad a meteorrajok aktivitási görbéjének vizsgálata is. Jenniskens megmutatta, hogy minden egyes meteorraj aktivitási maximuma környékén a ZHR időbeli változása egyszerű hatványfüggvénnyel írható le:

$$ZHR(SL) = ZHR_{\text{max}} \cdot 10^{-B(SL-SL_0)} \quad (13)$$

ahol ZHR_{max} a raj ZHR-je a maximum idején, SL (Solar Longitude), illetve SL_0 a Nap pillanatnyi, illetve maximum idején mért geocentrikus ekliptikai

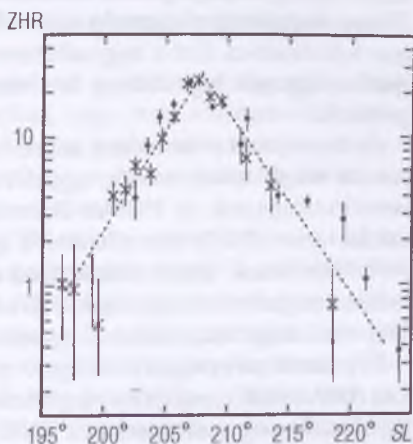
7. Sporadikus meteorokra ZHR-értéket számítani nem lehet, mivel nincs radiáns-pontjuk. Azonban a zenitávolságra utaló K tényezőt 1-nek véve a sporadikus meteorok aktivitását jellemezhetjük, a HR mennyiséggel.

8. Az egymás után megjelenő sporadikus meteorok közötti időtartamok Poisson-eloszlást mutatnak. Ezért a sporadikus meteorok megfigyelhető számát inkább csak irányadónak tekintsük!

hosszúsága⁹, B pedig a meteorrajra jellemző egyedi állandó. A B értéke a nagyobb meteorrajokra ténylegesen állandó, a kisebbekre azonban a maximum előtt és után eltérő lehet. A (13) függvény által leírt aktivitásprofil hívjuk *Jenniskens-törvénynek*.

A Jenniskens-törvény alól vannak kivételek és léteznek bizonytalan esetek:

- A meteorrajok kitörései (következő rész) nem követik a törvényt (például a Leonidák 1999-es kitörése [4.]).
- Hét raj esetében a gyenge aktivitás miatt a ZHR túl kicsi. E rajok (*Alfa Hydridák*, *Delta Velidák*, *Tau Cetidák*, *Virginidák*, *Ophiuchidák*, *Epsilon Eridanidák* és *Delta Eridanidák*) megfigyelése különösen ajánlott az amatőr csillagászok számára.
- Az *Arietidák* nappali raj, amelyet radarral, illetve rádiómeteoros úton fedeztek fel és figyelnek meg. Ennek ellenére az esti és a hajnali szürkületet követő, illetve megelőző egy órában lehetséges néhány Arietidát vizuálisan észlelni. Mivel a radiánsmagasság mindig 10° alatti, az eredmények bizonytalanok, de azt mutatják, hogy a vizuális aktivitási profil hasonló a radarral nyerthez, amely viszont követi a Jenniskens-törvényt.
- A *Taurida* meteorraj kettős radiánsú (Déli és Északi Tauridák), amelyek a fotografikus észlelések szerint különböző időpontban érik el maximumokat. Vizuálisan a két áramlat tagjai szétválaszthatatlanok, így a Jenniskens-törvény azért nem alkalmazható Tauridákra, mert a két rajt csak átfedve figyelhetjük meg. Kisebb mértékben ugyan, de ugyanez az hatás okozza, hogy a *Monocerotidákra* és az *Epsilon Geminidákra* kapott eredmények bizonytalanok: a két raj radiánsa túl közel van egymáshoz, maximumukat pedig csak egy nap különbséggel érik el.
- Az *Omega Scorpiidák* és az *Epsilon Eridanidák* ugyan közepes aktivitású, mégis gyengén észlelt rajok, így az észlelések kis száma miatt nem igazolható rájuk a Jenniskens-törvény. E két raj észlelése ugyancsak fontos lenne.
- Végül léteznek olyan *rajkomplexumok*, mint a *Virginidák* és *Puppida/Velidák*.



5.4. ábra. Példa a Jenniskens-törvényre: az Orionidák meteorraj ZHR-jének változása az SL függvényében

9. Az SL mennyiség a meteorcsillagászat „Julián-dátuma”, az idő helyett szokás használni független változóként.

Ezeknél több tucat radiáns hónapokig aktív (a radiánsok valószínűleg egymástól nem független eredetűek, és többszörös radiáns is elképzelhető), és a jelentős radiánsvándorlás miatt gyakran több néven is szerepel ugyanaz a raj. Például a Virginidák márciusban még gyakran *Mű Virginidák*, de májusban már a *Mérleg* csillagkép felől érkeznek, ezért már *Libridáknak* hívják őket! A hiányos észlelésekre alapozott rajkatalógusok nem segítenek a meteorcsillagászat fejlődésében. Ezért nagyon fontos lenne, hogy évről évre, minden derült éjszaka legyenek legalább egy óra hosszúságú, lehetőség szerint rajzos megfigyelések.

Az összes ismert meteorraj száma bizonyosan meghaladja a 300-at. E szám pontos megállapítása nehéz, egyfelől a publikációs szokások miatt, mivel az amatőrcsillagászok az 1989-en Balatonföldváron alapított *Nemzetközi Meteoros Szervezet* (IMO) léte ellenére is gyakran helyi újságokban, saját nemzeti nyelvükön teszik közzé felfedezéseiket. Másfelől a radiánsvándorlás, vagy a radiáns megadott pozíciójában lévő néhány fokos hiba miatt igen nehéz megállapítani, hogy két raj azonos egymással.

Éves rendszerességgel mintegy 55 meteorraj jelentkezik, ezek az *évi áramlatok*. Aktivitásuk rendszerint meglehetősen stabil, csak statisztikus ingadozások figyelhetők meg a maximumbeli ZHR értékekben. Vannak azonban kivételek, amelyek részint kitörésekhez kapcsolódnak. Az egyik legérdekesebb kivétel az évente átlagosan 25 meteor/óra ZHR-rel jelentkező *Áprilisi Lyridák*, amely szabálytalan időközökben kitöréseket produkál, és az évi maximális aktivitás szintje is hullámzó. Aktivitása 1995-ben átlagos, 1996-ban kisebb kitörés jellegű ($ZHR_{\max} = 40$), 2003-ban pedig az átlagosnál kisebb ($ZHR_{\max} = 18$) volt. Nyilvánvalóan nem egyenletes a por eloszlása a raj pályája mentén. Érdekesebb, hogy a közel állandó szintű — csak statisztikus ingadozást mutató — rajok esetén is változik a populációs index értéke, ennek következtében az egyik évben tűzgömbökben gazdag raj a másik évben sok halvány meteorral térhet vissza, ami arra utal, hogy a különböző pályaszakaszokon eltérő a por-szemcsék méreteloszlása. Ezeknek a változásoknak a mérésére a ZHR nem alkalmas, csak a populációs index.

Néhány meteorraj csak több éves időközönként jelentkezik. Ezeket hívják *visszatérő meteoráramlatoknak*. Ilyen az *Andromedidák* vagy a *Giacobinidák*. A visszatérő meteoráramlatokról kevés ismeretünk van, mert többnyire igen gyenge aktivitást produkálnak, ezért nehéz felfedezni őket. A különböző radiánskatalógusok nem egységes rajkritériumai sem segítenek kutatásukban.

A meteorrajok kitörései

A korábban már említett *kitörések* idején a meteorrajok aktivitásának szintje a szokásos évi alacsony (vagy zéró) aktivitáshoz képest jelentősen megegyezik. Az igen nagy kitöréseket a népszerűsítő irodalomban „meteoreső”, „meteorzápor”, „meteorvihar” néven is említik.

A meteorrajok kitöréseit 1799-től kezdték el rendszeresen figyelni és feljegyezni, vagyis azóta lehetünk biztosak abban, hogy nincs lényeges hiány adatainkban. Korábbi kitörésekről kínai, koreai, japán, arab, mongol, európai krónikákban maradtak nyomok. Egyébként éppen 1799-es Leonida-kitörés vezetett el a raj és radiáns fogalmának felismeréséhez.

A továbbiakban csak a modern idők (1795 utáni) meteorkitöréseivel foglalkozunk, mivel a régebbiekről nincsenek pontos számadatok¹⁰. 1799-től 1994-ig 17 meteorraj 49 kitörését jegyezték fel (átlagosan tehát 4 évente lehet meteorraj-kitörést látni.) A legtöbb kitörést a Leonidák produkálták (a fenti időszakban 10-et). A legnagyobb, még megbízhatóan megállapítható ZHR-értékeket szintén a Leonidák produkálták 1866-ban $ZHR = 17\,000 \pm 5000$ meteor/óra értékkel. Ezzel vetekszik (megbízhatóságában mindenképp) az 1966. évi kitörés $ZHR = 15\,000 \pm 3000$ adata. Lényeges dokumentálni a legkisebb kitöréseket is. Az Orionidák 1993-ban, a Phoenicidák 1972-ben és a Puppídák 1982-ben kb. 20 meteor/órás kitörést mutattak. Azért tekintjük ezeket kitöréseknek, mert ezeknek a rajoknak a szokásos évi aktivitása csak 3–5 meteor/óra körül van!

Különösen nagy kitöréseket lehetett megfigyelni az 1990-es években és a 21. század elején. Ennek oka főként a Leonidák 1999-re várt – és bekövetkezett – kitörése, amely majdnem egybeesett a szülőégitest *Tempel–Tuttle*-üstökös visszatéréseivel. Ez a raj 1998-tól 2002-ig minden évben kitörést produkált. Ezen kívül az *Orionidák* 1993-ban, a *Perseidák* 1993-ban és 1994-ben, az *Alfa Monocerotidák* 1995-ben törtek ki. (A *Perseidák* kitörése a *Swift–Tuttle*-üstökös 1992-es visszatéréséhez közeli időpontban következett be.) A véletlen úgy hozta, hogy az elmúlt 15 évben több földközeli elhaladó üstökös visszatérését figyelhettük meg, ez az átlag fölé növelte a kitörések gyakoriságát.

A kitörések lehetnek üstökösközeliek és üstököstávoliak. Üstökösközelinek nevezzük a kitörést akkor, ha jelentkezése idején a szülőüstökös a napközeli sávjában jár. Az üstököstávoli kitörés idején pedig a szülőüstökös távol jár a Naptól. Az 1795–1994 közötti kitörések közül 29 volt üstökösközeliek, 14

10. Magyar nyelven az összes (Kr. u. 832 óta megfigyelt) Leonida-kitörésről Tübol Vince tett közzé összefoglaló táblázatot (*VEGA*, 1998, 39, 4. o.).

üstököstávoli, 6 pedig ismeretlen típusú. Az eddigi tapasztalatok szerint egy meteorraj csak egyféle típusú kitörést produkál.

A szülőüstökösök pályája gyakorlatilag keresztezi a Föld pályáját, hiszen ellenkező esetben nem észlelhetnénk a meteorrajt. Ez a pont az üstököspálya egyik csomópontja, és itt halad át a Föld a kitörés idején. Az eddigi üstökösközelítő kitörések idején az üstökös 10–1656 nap „távolságra” volt a csomóponttól. Az üstököstávoli kitöréseknél azonban ez az időkülönbség (aminek a szokásos jelölése EC) 7–127 év.

A kitörések általában rövid (néhány perc, legfeljebb pár óra) időtartamúak (az *Áprilisi Lyridák* 1982-es kitörése mindössze 38 percig tartott). Ennek következtében a kitörések ideje alatt jellemző B mennyiség (ha a kitörés ZHR-görbéjének menete illeszthető a (14) profillal) igen nagy, a *Giacobinidák* esetében pl. 1933-ban $B = 24$ volt. Fontos és jól mérhető mennyiség, hogy mekkora a különbség a maximum SL_0 értéke és a szülőüstökös pályájának közelebbi csomópontja (Ω_k) között:

$$\Delta = SL_0 - \Omega_k. \quad (14)$$

Üstökösközelítő kitörések esetén a Δ kapcsolatot mutat az EC -vel: növekvő Δ különbséghez csökkenő EC tartozik. Ez azt jelenti, hogy a meteorraj-kitörések szisztematikusan korábban vagy később következnek be, mint ahogy a Föld áthalad a csomóponton. Ez az összefüggés pedig rendkívül fontos a kitörések előrejelzésében.

Egy másik érdekesség, hogy – talán csak a Perseidák kivételével – az összes üstökösközelítő kitörés háttérkomponensből és kitörési komponensből áll. Ez azt mutatja, hogy az egyébként már öreg, normális poreloszlásba valahol (pl. üstökös egyik visszatérése során) egy fiatal porcsomó keveredett.

Üstököstávoli kitörésekre példa az *Áprilisi Lyridák* összes kitörése (1803., 1922., 1945., 1982.), ezek ZHR értéke 100–860 meteor/óra közötti volt.

Az üstököstávoli kitörések jellemzően 10–1000 közötti ZHR-t mutatnak. A kitöréseket létrehozó anyagsomók minden évben ugyanannál az SL -értéknél jelentkeznek, bár néhány tized fokos változás mindig van (ez a kitörések időpontjában néhány órás változást jelenthet). Az a tény, hogy az üstökös perihéliumátmenetétől időben távol következnek be a kitörések, arra utalhat, hogy a por csak igen lassan oszlik szét az üstökös pályája mentén.

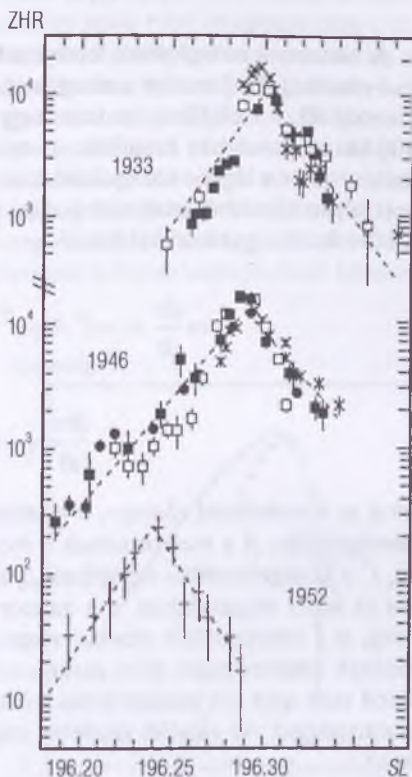
A kitörésekben mutatkozó szálas szerkezetű sűrűsödések, *filamentumok* létre A. HERSCHEL hívta fel a figyelmet 1867-ben. Megfigyelte, hogy az 1866-os Leonida-kitörés során ingadozott a meteoraktivitás, mintha a Föld időnként kisebb, de meteoroidokban gazdag szálaikon haladt volna át. Ezeket az eltéréseket azonban később statisztikus ingadozásnak minősítették. Modern vizsgálatok az ilyen szálas szerkezetet nem támasztották alá. A meteoraktivásban minden észlelő által ismert jelenség: „egymás után gyorsan 10 meteor,

aztán fél óráig semmi” csak a meteorrajok sűrűségében jelenlévő statisztikus ingadozások következménye.

A kitöréseket létrehozó porcsomók tömege $10^{11} - 10^{14}$ g között van. Egy meteorraj össztömege $10^{14} - 10^{16}$ g közötti, így az ilyen porcsomók tömege a teljes meteorraj tömegének ezred részétől akár a teljes meteorraj tömegével összemérhető értékig terjed.

A meteorcsillagászat bővelkedik különös, nehezen megmagyarázható jelenségekben. Ilyenek a teleszkopikus kitörések is.

Néhány meteorraj igen halvány meteorokból áll, így csak teleszkopikusan lehet elegendő adatot gyűjteni aktivitásukról. Független megfigyelők teleszkopikus észlelései alapján állítható, hogy a *Béta Perseidák* 1936-ban és az *Alfa Bootidák* 1984-ben kitörést produkáltak. Az utóbbi kitörés technikai szempontból is érdekes. F. WITTE holland amatőr csillagász 60/700 mm-es lencsés teleszkóppal és 23 mm fókuszú Huygens-okulárral végzett megfigyeléseket 1984. április 27/28-án (határmagnitúdója a teleszkópon keresztül +11 volt). 1ⁿ átmérőjű látómezeje közvetlenül az *Arc-turus* mellett volt. 433 lassú és pontoszerű, valamint 12 egyéb meteort figyelt meg távcsöve látómezejében, ezek közül a 01^h 11^m és 01^h 20^m UT közötti tízperces intervallumban 102 Alfa Bootidát! Hasonlóan érdekesek a Giacobinidák 1933. évi visszatérésekor végzett teleszkopikus meteormegfigyelések is. Míg a vizuális észlelők 58 Giacobinidát láttak óránként, távcsövel a μ és a ν Draconis között sok száz apró fényfelvillanást észleltek. Ezt az ellentmondást máig nem sikerült feloldani. Gyakran és több észlelő által végzett teleszkopikus munka bizonyosan javíthatja a halvány átlagfényességű meteorrajok megismerésében.



5.5. ábra. A Giacobinidák meteorraj 1933-as, 1946-os és 1952-es kitörésének ZHR-profilja. A szaggatott vonalak a Jenniskens-törvénynek megfelelő aktivitási változást mutatják. A különböző jelek más-más megfigyelő adatai

A meteorok fizikája

A meteorok mozgásának leírására használatos *egytest-modell* (vagy klasszikus elmélet) [23.] szerint a mozgás az előfűtési szakaszból és a sugárzási szakaszból áll. Az előfűtési szakasz nagyságrendileg a földfelszín felett mintegy 400 km magasságban kezdődik: itt már elég sűrű a földi légkör ahhoz, hogy a meteoroidot a légkör közegellenállása melegíteni kezdje. Amikor a meteoroid már olyan hőmérsékletre melegedett, hogy anyaga párologni kezd, a mozgása a következő egyenletekkel írható le:

$$m \frac{dv}{dt} = -\Gamma A \rho v^2 + m g \cos z - f m w \quad (15)$$

$$\frac{dm}{dt} = -\frac{\Lambda A \rho v^3}{2\zeta} \quad (16)$$

ahol m a meteoroid tömege, v a sebessége, Λ a hővezetési együtthatója, ζ a párologáshője; A a meteoroidnak a mozgás irányára merőleges keresztmetszete, Γ a közegellenállási együttható, ρ a légkör sűrűsége, g a nehézségi gyorsulás az adott magasságban, z a meteoroid pályája és a függőleges által bezárt szög, w a meteoroidról eltávozó részecskék sebessége, f a részecskék kiáramlásának anizotrópiáját leíró paraméter. Mint látható, a meteor mozgásegyenleteit csak igen sok paraméterrel lehet leírni, amelyek egyike sem ismert kellő pontossággal. Az elmélet részletes magyar nyelvű tárgyalása a [24.]-ben található.

Az elmélet szerint a meteorok fényének intenzitása egyenesen arányos a tömegvesztés ütemével:

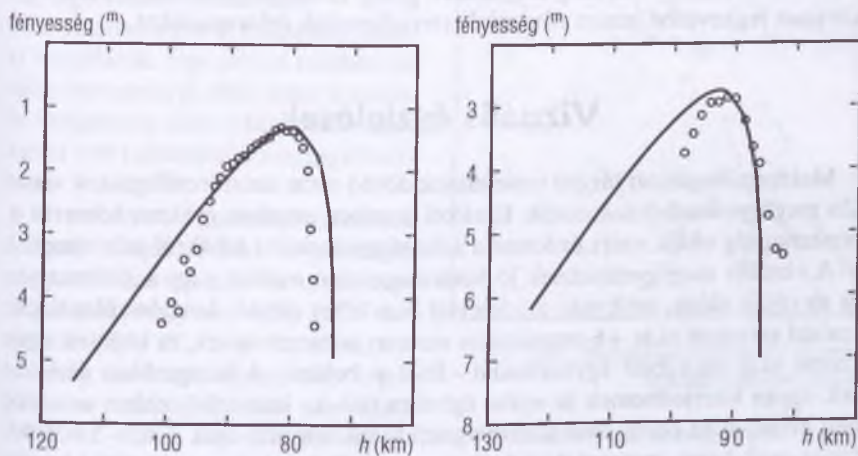
$$I \sim \frac{dm}{dt} \quad (17)$$

amelyből a meteor magnitúdóban mért fényessége az

$$m = \text{állandó} - 2.5 \log I = \text{állandó} - 2.5 \log \frac{dm}{dt} \quad (18)$$

összefüggéssel adódik. A meteor maximális fényessége azonban — ahogy azt már említettük — kezdeti tömegével arányos. Ezt a feltételezést alátámasztja a meteorok színeke: a meteorok fényét elsősorban a meteoroid elpárolgó atomjai szolgáltatják és nem a légkör molekuláinak rekombinációs sugárzása.

A meteorjelenség klasszikus elmélete több szempontból is hiányos. Az első probléma az, hogy csak a fényes meteorok fénygörbéjét adja vissza, és azt is csak közelítőleg. A meteorjelenség fényessége talán nem lineárisan függ a tömegvesztés ütemétől, hanem annak valamilyen hatványával arányos, de ez az elméletből egyelőre nem következik. Másodsorban a meteorok színekében egymás mellett, ugyanabban a földfelszín feletti magasságban fordulnak elő a Na I és O III vonalai, amit nehéz megmagyarázni. A várakozás az, hogy a nátrium sokkal nagyobb fokban ionizálódik. Harmadszor a meteorok – elsősorban a fényesebbek – gyakran produkálnak felvillanást: hirtelen, csak egy pillanatra kifényesedik a meteor. Meteorspektrumok tanúsága szerint ezek a felvillanások elsősorban az egyszerűen ionizált kalcium sugárzásának hirtelen megnövekedése miatt jönnek létre.



5.6. ábra. TV-meteorok fénygörbéi (üres körök) és az egytest-moddal továbbfejlesztésével kapott modell-fénygörbék (folytonos vonal). Az illesztés egyelőre még nem tökéletes [28.]

További problémákat vet fel az, hogy elsősorban a fényesebb meteorjelenségeket rendszerint nem homogén tömeg- és kémiai eloszlású test okozza, hanem egymással összetapadt, különböző anyagi összetételű darabok együttese. Ennek következtében lépnek fel az anyagleválások és fényességingadozások, és ez eredményezi a meteor szétrobbanását. A fényességingadozások egy mindössze néhány tized másodperces, legfeljebb két-három másodperces meteorjelenség során elérhetik a több magnitúdót is! A darabolódást (fragmentálódást) termális lökéshullámok is létrehozhatják: ekkor a meteoroid a belsejében fellépő hatalmas hőmérséklet-különbségek hatására szétesik. Ha a meteoroidot gömb alakúnak tekintjük, megadható egy kritikus sugár, amely-

nél nagyobb testet a külső erők okozta feszültség már nem töri szét. Ennél kisebb sugár esetén egy bizonyos kritikus hőmérséklet felett a meteoroid elkerülhetetlenül feldarabolódik. Kőmeteoroidokra a kritikus hőmérséklet csak 600°C körüli. A kritikus sugár természetesen függ a légkörben haladó meteoroid sebességétől és pályájának a függőlegessel bezárt szögétől. A számítások szerint a kritikus sugár kőmeteoroidokra [23.]:

$$\log R_{kr} = 3.78 - 0.5 \log v - 0.5 \log \cos z \quad (19)$$

Vasmeteoroidok 1 cm-nél nagyobb sugár esetén nem fragmentálódnak.

A meteorjelenség fizikája — és a meteor körüli áramlási csőben fellépő százezres-milliós nagyságrendű Reynolds-számokkal jellemezhető hidrodinamikai viselkedés — ma még alig ismert, pedig tanulmányozásával a Föld légkörének legkevésbé ismert rétegeiről szerezhetnénk információkat.

Vizuális észlelések

Meteorcsillagászati tárgyú ismereteink döntő része amatőrcsillagászok vizuális megfigyeléseiből származik. Ezekkel szemben azonban gyakran felmerül a pontatlanság vádja, ezért érdemes a lehetséges észlelési hibákról szót ejteni.

A vizuális megfigyeléseknek jó határmagnitúdó mellett nagy a látómezeje, és ez olyan előny, amit más módszerrel nem lehet elérni. Amatőrcsillagászok szabad szemmel akár +6 magnitúdós meteort is észrevesznek, és képesek egyszerre akár az égbolt egyharmadát — felét is belátni. A fotografikus észlelések ugyan kiterjedhetnek az egész égboltra (all-sky kamerák), ebben az esetben azonban az eddig elért határmagnitúdó meteorokra csak –6, –5 körüli! Ezért csak kevés meteort észlelnek, amelyekből lehetetlen statisztikát készíteni. Teleszkopikus észlelők +7, +8, sőt akár +10 magnitúdós meteorokat is láthatnak, de legfeljebb néhány fok átmérőjű égterületen. A videokamerás észlelések határmagnitúdója meteorokra akár +8 is lehet, de csak 15–25° átmérőjű égterületen — ráadásul ez a megfigyelési módszer meglehetősen drága. Ezért a vizuális meteormegfigyelések még manapság is versenyképesek!

A vizuális észleléseket a témával nem foglalkozók általában nagyon pontatlannak tartják, ezért tekintsük át, mekkora valójában ez a pontatlanság.

A teleszkopikus észlelők kb. 0.5 pontossággal, a fotografikus és a videós észlelők akár 0.1-nál is pontosabban megadhatják a meteorok fel- és eltűnési pontjának koordinátáit. A rádiós megfigyelések nem szolgáltatnak meteorpozíció-adatokat, a radarmegfigyelések pedig csak 2–2.5 pontosságra képesek. Ehhez képest több független vizsgálat is azt mutatja, hogy a vizuális észlelők — nagyon fontos körülmény, hogy gyakorlottságuktól függetlenül —

a térképre rajzolt meteorok fel- és eltűnési helyét $\pm 6''$ pontossággal képesek megadni. TEPLICZKY vizsgálata egy vizuális észlelőcsoport adatait hasonlította egy másikéhoz [25.]. Még izgalmasabb B. LINDBLAD kutatása, aki a vizuális adatokat hasonlította radarral nyert adatokhoz [26.]. A két vizsgálat azonban egyaránt ugyanezt az eredményt adta.

Ennek alapján a szerző arra a következtetésre jutott, hogy két meteor metszéspontját átlagosan $\pm 14''$ hibával lehetséges megállapítani. Mivel a szóba jöhető meteorrajok radiánsai rendszerint ennél távolabb vannak egymástól, lehetséges a rajtság egyértelmű azonosítása — és itt ez a feladat, nem a radiánsszerkezeti vizsgálatok. Egy időben rendszerint több meteorraj is aktív, ezért a további vizsgálatok előtt a különböző rajokat el kell különíteni a megfigyelésekben.

A meteorok fényességbecslésének átlagos hibáját többen is próbálták meghatározni, és arra az eredményre jutottak, hogy ez a hiba $\pm 0^m.5$ körül van [27., 37., 38.]. Ez a bizonytalanság azt eredményezi, hogy a populációs index hibája nem szorítható

± 0.2 alá. Mivel a populációs index 1.6–3.4 közötti, azt mondhatjuk, hogy még a legjobb esetben is 6–13% relatív hibát kell feltételeznünk a populációs indexben. A gyakorlatban, ahol nem végtelen, hanem véges számú (legalább 25) meteorból állapítjuk meg a populációs indexet, ez a hiba ± 0.55 is lehet, ami 16–34% relatív hibát jelent. Mivel a ZHR erősen függ a populációs indextől, ez pl. $5^m.2$ szabadszemes határfényességnél már 29% relatív hibát eredményez a ZHR-ben! Tehát nem szabad felhasználni ennél rosszabb határmagnitúdójú égen készült észleléseket a ZHR megállapításánál.

Összefoglalóan azt lehet elmondani, hogy a vizuális meteormegfigyeléseket kiválóan lehet hasznosítani a meteorrajok statisztikai vizsgálataiban, ha: legfeljebb 20% kitakarású égen, legalább $5^m.2$ szabadszemes határfényességnél, legalább egy óra időtartamban és rajzolásos módszerrel készültek. További előny, ha igen hosszú, több éjszakára kiterjedő megfigyelési sorozatunk van és a vizsgált raj radiánsmagassága legalább $20-25''$. Ezért minden amatőrcsilla-



5.7. ábra. Rajzolásos módszerrel végzett vizuális meteorészlelés

gászt csak biztatni lehet vizuális meteormegfigyelésre! Természetesen minden egyéb módszerrel készült megfigyelésre is szükség van.

Irodalom

- [1.] BÉRCZI SZANISZLÓ: Kis égitestek anyagának fejlődése. *Csillagászati évkönyv 2003*, 251. o.
- [2.] DUNHAM, D. W.–CUDNIK, B.–HENDRIX, S.–ASHER, D. J.: *IAU Circular*, 1999, **7320**.
- [3.] ÁBRAHÁM, P.–LEINERT, CH.–LEMKE, D.: In: *Dust in the Solar System and Other Planetary Systems*, COSPAR Colloquia Series Vol.15, 2002, Pergamon, Amsterdam, 111. o.
- [4.] CSIZMADIA SZILÁRD: A Leonidák 1998-as visszatérése. *Meteor*, 1999/1.
- [5.] CSIZMADIA ÁKOS: Égből hulló kövek. *Élet és Tudomány*, 2003, **33**, 1038. o.
- [6.] TERKÁN LAJOS: Egy helyen végzett hullóészlelések. *A Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Ó-gyallai Astrophysikai Obszervatórium Kisebb Kiadványai*, 1904, **4**.
- [7.] TASS ANTAL: 1899–1905. években Ó-gyallán és 1905. évben Nagytagyoson végzett hullócsillagmegfigyelések. *A Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Ó-gyallai Astrophysikai Obszervatórium Kisebb Kiadványai*, 1906. **8**.
- [8.] TERKÁN LAJOS: Korrespondeáló hullócsillagészlelések Nagytagyoson és Ógyallán. *A Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Ó-gyallai Astrophysikai Obszervatórium Kisebb Kiadványai*, 1907, **11**.
- [9.] KONKOLY THEGE MIKLÓS: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1873, **33**, 575. o.
- [10.] KONKOLY THEGE MIKLÓS: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1873, **34**, 82. o.
- [11.] WILLIAMS, I. P.: In: *Asteroids, comets, meteors III, Proceedings of a meeting (AMC 89)*..., Uppsala: Universitet, 1990, 585. o.
- [12.] TÓTH IMRE: *Milyen égitestekkel lehetnek kapcsolatosak a meteorok?* előadás az MCSE Meteormegfigyelő Csoportja 2000. évi találkozásán, <http://alpha.dfmk.hu/~vcse>.
- [13.] WHIPPLE, F. L.: *Astrophysical Journal*, 1951, **113**, 464. o.
- [14.] TÓTH IMRE: A Halley-üstökös visszatérése. *Csillagászati évkönyv 1984*, 183. o.
- [15.] ÉRDI BÁLINT: Új eredmények a Naprendszer égi mechanikájában. *Csillagászati évkönyv 1998*, 188. o.

- [16.] SCHOLL, H.—FROESCHLÉ, C.: *Astronomy & Astrophysics*, 1988, **195**, 345. o.
- [17.] Szerk.: ROGGEMANS, P.: *Handbook of Visual Meteor Observations, Part I.*, 1990, VVS Meteor Section, Belgium.
- [18.] JONES, J.—MCINTOSH, B. A.—HAWKES, R. L.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1989, **238**, 179. o.
- [19.] BROWN, P.—JONES, J.: *Icarus*, 1998, **133**, 36. o.
- [20.] KOSCHAK, R.—RENDTEL, J.: *Journal of International Meteor Organization*, 1990, **18:2**, 44. o.
- [21.] ZVOLANKOVÁ, J.: *Bulletin of the Astronomical Institute of the Czechoslovakia*, 1983, **34**, 122. o.
- [22.] JENNISKENS, P.: *Astronomy & Astrophysics*, 1994, **287**, 990. o.
- [23.] MCCROSKY, R. E.—CEPLECHA Z.: *Bulletin of the Astronomical Institute of the Czechoslovakia*, 1970, **21**, 271. o.
- [24.] HEGEDÜS TIBOR: A meteorok fizikája I—II. *Meteor*, 1989/2, **3**.
- [25.] TEPLICZKY ISTVÁN: Meteorészlelések. *Meteor*, 1994/6.
- [26.] STOHL, J.—LINDBLAD, B. A.: *Bulletin of the Astronomical Institute of the Czechoslovakia*, 1982, **33**, 129. o.
- [27.] MILLMAN, P. M.: The Accuracy of Visual Magnitude Estimates. *Journal of RAS of Canada*, 1937, **31**, 181. o.
- [28.] KOCIFAJ, M.: *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 2002, **32**, 25. o.
- [29.] KRAMER, E. N.—GORBANEV, YU. M.: *Soviet Astronomy Letters*, 1990, **16(5)**, 404. o.
- [30.] JENNISKENS, P.: *Astronomy & Astrophysics*, 1995, **295**, 206-235
- [31.] KOSCHAK, R.—RENDTEL, J.: *Journal of International Meteor Organization*, 1990, **18:4**, 119. o.
- [32.] JENNISKENS, P.: *Meteoritics and Planetary Science*, 1996, **31**, 177. o.
- [33.] JENNISKENS, P.: *Astronomy & Astrophysics*, 1997, **317**, 953-961
- [34.] JENNISKENS, P.—BETLEM, H.—DE LIGNIE, M.—LANGBROEK, M.—VAN VLIET, M.: *Astronomy & Astrophysics*, 1997, **327**, 1242. o.
- [35.] YRJOLA, I.—JENNISKENS, P.: *Astronomy & Astrophysics*, 1998, **330**, 739. o.
- [36.] DAVIS, J.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 1963, **126**, 445. o.
- [37.] LINDBLAD, B. A.—STOHL J.: In: *Asteroids, comets, meteors; Proceedings of the Meeting (AMC 89)...*, 1983, Uppsala, Sweden, Astronomiska Observatoriet, 451. o.

Babcsán Gábor

Az amatőr távcsövek optikai teljesítményéről

A csillagászati távcső ablak a Világegyetemre. A mozaiktükrökkel szerelt óriási teleszkópok és a Hubble-űrtávcső világában csillagászati ismereteink ug-rásszerűen és szinte áttekinthetetlenül gyarapodnak. A modern képfeldolgo-zási módszerek által élénk tárt kép lélegzetelállítóan részletes. Mi szükségünk tehát egy otthoni kis csillagászati távcsőre? Kell-e még 10–20 cm-es objektív-átmérőjű műszereket az ég felé fordítanunk az Internet korában? A válasz természetesen: igen. A személyes kapcsolat – élmény, kutatás vagy gyönyör-ködés – ugyanis más dolog. Az okulásban látott világ élménye, az amatőrök számára is elérhetővé vált fotós és CCD-technikák az óriási és rideg ismeret-anyagot személyessé, emberarcúvá teszik.

A jelenleg gyártott rengetegféle amatőr távcső között meglehetősen nehéz eligazodni. Egyszerűsödik a helyzet, ha felhasználói szempontokat veszünk fi-gyelembe. Ha például bolygók megfigyelésével kívánunk foglalkozni, arra ele-gendő egy kis látómezejű műszer is, viszont a látómező közepén a lehető leg-jobb legyen a leképezés!

Az *optikai teljesítmény* az, ami elsősorban meghatározza, hogy milyen típusú megfigyelésekre előnyös vagy kevésbé használható egy-egy típus. A távcsövek optikai teljesítőképességének áttekintése segít megválaszolni a kérdést, hogy melyik az észlelési területünkre szabott, vagyis a számunkra „legjobb” távcső.

Áttörés az amatőr távcsövek világában

A 20. század közepéig az amatőr csillagászat meglehetősen kevesek hob-bija volt. Amatőröknek szánt műszereket komoly cégek (pl. *Zeiss*) vagy profi műhelyek (pl. *Unitron*) gyártottak, kis darabszámban, kitűnő minőségben és persze drágán. Ma a piac óriási és a minőség is a tömeges igényekhez igazo-dott. A változás Amerikában kezdődött, és onnan terjedt át Japánra valamint Európa gazdagabbik felére.

A hatvanas évekig az 5–10 cm-es, akromatikus refraktorokat és az ekvato-riális szerelésű, 15–30 cm-es Newton-reflektorokat tekintették amatőr távcső-

nek. Óriási változás volt, amikor a hetvenes-nyolcvanas években az amerikai *Coulter* elterjesztette a könnyű, egyszerű mechanikájú, és ami a legfontosabb: olcsó, Dobson-szerelésű Newton-távcsöveket. A legtöbb Dobsonnál kompromisszumot kell kötnünk a mechanikai és optikai jellemzők tekintetében, ám e típus elérhető áron óriási fénygyűjtőképességet kínál, amellyel a galaxisok és gázködök világa valóban a fényképekre emlékeztető látványt nyújt.

Hasonlóan forradalmi változást hozott a *Celestron*, az általa elterjesztett Schmidt–Cassegrain-távcsövekkel. Ez kompakt, katadioptrikus¹ típus mindenfajta észlelési munkára viszonylag jól alkalmazható. Átmérőjéhez képest könnyű, szállítható műszer, ideális a városokban, a fényszennyezett helyen élőknek. A *Meade* szintén a Schmidt–Cassegrain-távcsövek elterjedésének köszönhetően jutott el mai piacvezető helyzetéig.

Éppen a Schmidt–Cassegrain-távcsövek teremtettek alapot a legutóbbi évtized új irányzatának, a számítógéppel automatizált műszerek elterjedésének. A több tízezer objektum adatbázisát tartalmazó és elérhető árú teleszkóp újfajta, „okos és demokratikus” műsértípus, annak minden előnyével és hátrányával.

A hetvenes évek végén a refraktorok fejlődése is új lendületet vett. A hagyományos refraktorok törvényszerű színi hibáját csak hosszú fókusztávolsággal lehet mérsékelni. 10 cm-es objektívátmérő fölött egy jó képalkotású akromatikus refraktornak nehézkesen hosszú a tubusa és a látómezeje sem túl nagy. A japánok (*Takahashi, Goto*) 1976-ban egy különleges üveganyagú, kalciumfluorid kristályt tartalmazó apokromatikus (APO) objektívet készítettek, amelynek színi hibája nagy fényerőnél is elhanyagolható. Később más gyártók (*Pentax, AstroPhysics, Vixen, Meade* stb.) kedvezőbb árú, ED és SD jelzésű objektívjei gyorsították az apokromatikus refraktorok elterjedését. A 7–15 cm-es APO-k viszonylag kompakt, nagy látómezejű és rendkívül éles képet adó távcsövek. Az ár fontosságát mutatja, hogy az utóbbi években egyre népszerűbbek a kínai gyártású optikák (*Soligor, Synta, Helios* stb.).

A távcső mint szűrő

Első közelítésben azt mondhatnánk, hogy minél nagyobb átmérőjű az objektív, annál halványabb objektumokat láthatunk, és a látvány is annál részletesebb. A dolog mégsem ilyen egyszerű. Az egyik műszer például nagy égterületet mutat, azt azonban nem érdemes túlságosan felnagyítani. A másik távcső kisebb környezetet lát, de arról borotvaéles képet ad. Az érdeklődő első kér-

1. A katadioptrikus távcső objektívje fényvisszaverő és fénytörő eszköz, tehát tükör és lencse (vagy korrekciós lemez) kombinációjából áll.

dése biztosan az, hogy milyen nagyítású a távcső. A nagyítás azonban csak az alkalmazott okulártól függ, a távcső minőségéről nem sokat mond, és túlzottan nagy nagyítás használata esetén már szinte semmi nem látszik a valóságból. A távcsövek használhatóságát és teljesítményét a következő optikai paraméterek jellemzik: fénygyűjtőképesség, felbontóképesség, kontrasztátvitel, a látómező mérete és vignettáltsága.

A *fénygyűjtőképesség* határozza meg, hogy milyen halvány objektumot tudunk meglátni a távcsőben. Elsősorban az objektív átmérőjétől (pontosabban felületétől) függ, de az optika egyéb jellemzői akár 50%-kal is módosíthatják az értékét.

A *felbontóképesség* esetében a helyzet még összetettebb. Ez elsősorban az átmérőtől függ, de az optikai minőség itt egyenrangú. Ráadásul a földi légkör állandó turbulenciái határt szabnak a ténylegesen elérhető felbontóképességnek. Olyannyira, hogy sokszor a kisebb átmérőjű műszer több részletet mutat. Ez érvényesül például a vizuális bolygó- vagy kettőscsillag-megfigyelésnél.

A *látómező mérete* legalább olyan fontos tényező, mint az előző két paraméter. Keveset ér a nagy látómező, ha a kép széle torz és nem kellően kontrasztos. A kiterjedt égi objektumok megfigyelése során nem elegendő, ha csak a látómező közepén elfogadható a képalkotás. Az optika jellemzőitől (elméleti optikai hibák, központi kitakarás hatása) és a valódi optikai minőségtől függ, hogy milyen kontrasztosan képezi le a távcső az optikai tengelyen és attól különböző szögtávolságra lévő objektumokat. A távcső nem egyszerűen egy hatalmas szem, inkább szűrő, illetve szűrők sorozata, amely a valóság és a látásunk között áll.

A *kontrasztátvitel* erősen leegyszerűsítve azt adja meg, hogy a tárgy felületi fényességében lévő éles változások (pl. világos és sötét területek közötti éles határok, vagy a környezetüktől erősen eltérő fényességű részek) hogyan jelennek meg az optikai rendszer által alkotott képen.

Több fényt!

A csillagászati távcső legmegkapóbb tulajdonsága, hogy hihetetlenül fényesen mutatja az éjszakai ég halvány objektumait. Egy 15 cm-es távcső kb. ötszázszor annyi fényt gyűjt, mint a sötétben kitágult pupillánk. A vizuális megfigyelésnél a *határmagnitúdó* jellemzi a távcső fénygyűjtőképességét. Ideális körülmények között, sötét égen a szabadszemes határ $6^m5 - 7^m0$ közötti. A 15 cm-es műszer kb. ötszázszoros fénygyűjtése közel 7 magnitúdót jelent, azaz jó körülmények között egy 14^m fényességű csillag még éppen érzékelhető benne.

A fénygyűjtőképesség első közelítésben az objektív területétől függ. A gyakorlatban az azonos átmérőjű, de különböző típusú és minőségű optikák fényhasznosítása azonban jelentősen eltér egymástól. A tükrös távcsöveknél a fényhasznosítás mértéke jórészt attól függ, hogy a tükröző bevonat milyen hatásokkal veri vissza a fényt. A tükröknél az általánosan használt alumíniumbevonat a színek látható tartományában a fény 86–89%-át reflektálja. Ez soknak tűnhet, ám a tükrös műszerekben legalább két visszaverő felület van, amelyből az egyik, a segédtükör általában a fényútban van, tehát további fényvesztést okoz. Emiatt a reflektorok fényhasznosítása általában 60–75%-os, de a nagy kitakarású katadioptrikus rendszereknél, vagy a fényerős Newton-távcsöveknél – ahol sajnos gyakoriak a beállítási (jusztírozási) pontatlanságok – még rosszabb is lehet.

Az alumíniumnál sokkal jobb a vastag ezüstreteg reflexióképessége (vizuális tartományban 96%), de hátránya, hogy a levegőn lassan elhomályosodik a nemesfémréteg. A legnagyobb reflexiós értékeket a gyakorlatban inkább *többrétegű, vékony alumíniumbevonattal* érik el. Vákuumkamrában sok vékony alumíniumréteget gőzölnek egymásra, majd ezt puha és sérülékeny bevonatot néhány száz nanométer vastagságú, kemény szilícium-dioxid védőréteggel fedik le. Az ilyen tükrök visszaverőképessége a 96–97%-ot is elérheti, de áruk jóval magasabb, mint az egyszerű bevonattal ellátott tükröké. A legjobb bevonatokat használva a kis központi kitakarású Newton-távcsöveknél (vagy a ferdetükrös rendszereknél) a fényhasznosítás mértéke megközelítheti a 85–90%-ot.

A reflexió a lencsénél is szerepet játszik a fényvesztésben. Ugyanis mindegyik üveg-levegő határfelületen fellép visszaverődés, és ha nem alkalmaznánk reflexiógátló bevonatokat, akkor határfelületenként kb. 8% fényvesztéssel kellene számolnunk. A modern objektíveknel $\lambda/4$ vastagságú magnéziumfluorid réteget használnak, amely a reflexiós veszteséget a látható tartományban 1–2%-ra csökkenti. Több vékony rétegből álló bevonat esetén (MC – Multi Coated) a reflexió értéke határfelületenként 1% alá szorítható.

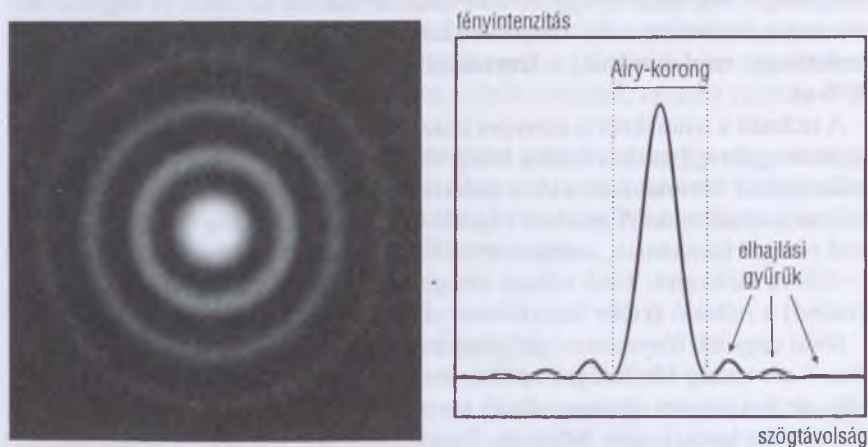
Jóval nagyobb fényvesztést jelent magának az üveganyagnak a fényelnyelése. 1 cm vastag közönséges optikai üveg kb. 1% fényvesztést okoz. Csekély, de korántsem elhanyagolható fényvesztést jelent a látott kép szempontjából a lencsék színi hibája is. Emiatt ugyanis a különböző hullámhosszú fénysugarak nem pontosan ugyanott fókuszálódnak, azaz a fény egy része nem vesz részt az éles kép létrehozásában. Mindeme hatások ellenére tény, hogy a refraktorok a gyakorlatban lényegesen jobb fényhasznosításúak, mint a tükrös távcsövek. Egy jó minőségű refraktorobjektívnel az eredő fényáteresztés értéke biztosan 90% fölötti.

A távcsövek határmagnitúdójára vonatkozó elméleti megfontolások csupán az optikai tengely közelében érvényesülnek ilyen egyszerűen. A látómező egé-

szében a távcsövek közötti különbségek még jelentősebbek. A jól korrigált típusoknál az optikai tengelytől távolodva csak mérsékelt romlik a képalkotás és ezáltal a határmagnitúdó. A rosszabb minőségű rendszereknél elsősorban az erős kómahiba ronthatja a határmagnitúdót a látómező széle felé haladva. Ha például nagy látómezőt igénylő mélyég-fotózásra szeretnénk használni a műszert, ezt a hibát megfelelő kómakorrekktorokkal lehet részlegesen javítani.

A felbontóképesség

A felbontóképesség egyszerűen fogalmazva arra jellemző, hogy milyen finom részletek különböztethetők meg a műszerrel látott képen. Az objektív felbontóképessége az átmérőjével arányos, és pontszerű fényforrások (például kettőscsillagok) esetén, matematikailag is könnyen leírható. A kör alakú távcsőobjektív egy pontszerű fényforrásról a fény hullámtermészete miatt egy sajátos fényeloszlású *elhajlási (diffrakciós) képet* hoz létre a fókuszszíkban (6.1. ábra.). Az elhajlási kép közepén egy fényes központi korong, az *Airy-korong* látható, amit koncentrikusan egyre halványuló fénygyűrűk (*diffrakciós gyűrűk*) vesznek körül.



6.1. ábra. Pontszerű fényforrás (csillag) elhajlási képe (balra), és az intenzitás változása a kép középpontjából kifelé haladva (jobbra)

G. AIRY mutatta ki elsőként, hogy a központi korong sugara a hullámhosszal egyenesen, az objektív átmérőjével (D) fordítottan arányos. Ideális esetben a fény 84%-a koncentrálódik a központi korongba, 7% az első gyű-

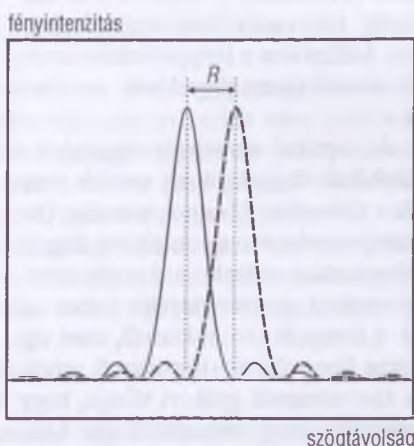
rúbe, míg a maradék 9% a többi gyűrűbe jut. Nem ideális objektív esetén a fény ettől eltérően oszlik el az elhajlási képen. Az optika reális minőségét, leképezésének „jóságát” jellemzi, hogyan oszlik meg a fénymennyiség az Airy-korong és a többi – különösképpen az első – gyűrű között. A felbontóképesség számszerű jellemzésére a gyakorlatban a *Rayleigh-formula* terjedt el. A képlet az 550 nm-es hullámhosszú (sárgászöld) fényre érvényes, amelyre az emberi szem a legérzékenyebb. Azt a szögtávolságot adja meg, amelynél egy szoros kettőscsillag egyik komponensének Airy-korongja éppen a másik csillag elhajlási képének első sötét gyűrűjébe esik (6.2. ábra).

$$R = \frac{138}{D}$$

ahol R a felbontóképesség ívmásodpercben és D az objektív átmérője mm-ben. A különféle távcsőtípusokban a kettőscsillagokra tapasztalható tényleges felbontás természetesen kis mértékben eltér ettől az elméleti értéktől, és függ a komponensek színétől is.

A kettőscsillagok a felbontóképesség vizsgálatának ideális objektumai, hiszen a kontrasztkülönbség a sötét és fényes csillagok között a lehető legnagyobb. Egyéb objektumok részleteinek felbonthatóságára azonban nincs semmiféle egyszerű formula. A kiterjedt objektumok esetét – leegyszerűsítve – úgy képzelhetjük el, hogy az objektum minden pontjáról kiinduló fény létrehozza a fókuszsík megfelelő helyén a maga Airy-korongját és elhajlási gyűrűit, és ezek összegződését látjuk a távcsőben az objektum képeként.

Egy bolygóészlelő áhított „trófeája” például a Szaturnusz gyűrűjén megpillantani az Encke-rést, ami egy kiváló, 15 cm-es távcsővel lehetséges is. Egy 15 cm-es távcső felbontóképessége elméletileg 0''8, az Encke-rés szélessége 0''1, a hossza viszont sokkal nagyobb 0''8-nél. Egy keskeny és hosszú részlet láthatóságára a Rayleigh-formula semmit sem mond. Az Encke-rés láthatósága azonban szintén egy speciális példája a felbontásnak, hiszen a formája egyedi és a kontrasztkülönbség is nagy. A kiterjedt objektumoknál azonban többnyire az a helyzet, hogy a megkülönböztetni kívánt részletek között csak



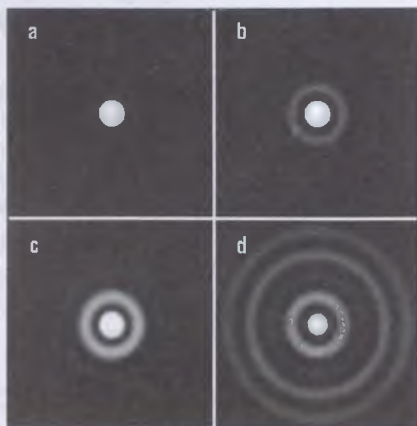
6.2. ábra. A felbontóképesség Rayleigh-kritériumának szemléltetése

kicsi a kontrasztkülönbség. Egy-egy finom részlet láthatóságánál fontos szerepet játszik a távcső reális optikai minősége, ami matematikailag az *optikai modulációátviteli függvény*nel jellemezhető [1.].

Ha a műszer optikai hibákkal terhelt, vagy ha központi kitakarást — pl. a reflektorok esetében segédtükröt — helyezünk a fénypútba, az elhajlási képben kevesebb fény jut az Airy-korongba és több a gyűrűkbe, vagyis csökken a kontraszt a korong és a közvetlen környezete között.

A 6.3. ábrán látható, hogy a leggyakoribb optikai hibának, a szférikus aberrációnak milyen hatása van egy csillag diffrakciós képére. (Hasonló hatást okoz a központi kitakarás.) Erős gömbi hiba esetén a diffrakciós gyűrűk kifényesednek, az Airy-korong és a környezete közötti kontraszt romlik. Ez láthatatlanná teszi (belemossa a háttérbe) az alacsony kontrasztkülönbségű részleteket, különösen a bolygószelesekénél, de a mélyég-megfigyelések esetében is.

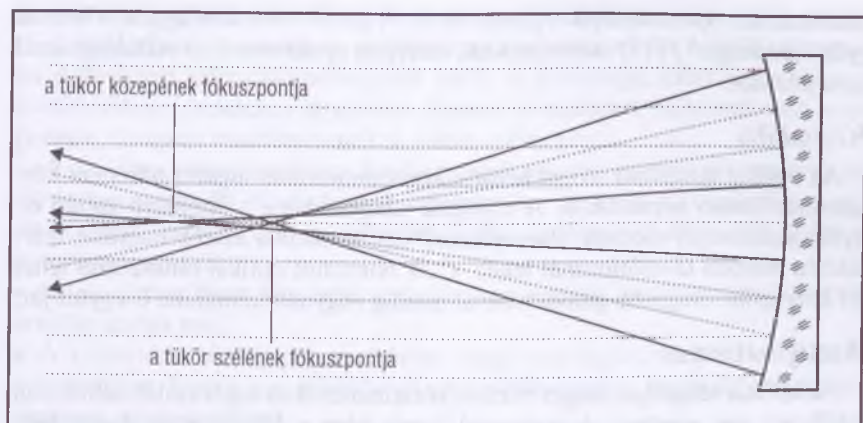
Az optikai tengelytől távolodva a képhibák függvényében tovább romlik a felbontás, és ennek mértéke távcsőtípusonként nagyon eltérő. Egy jó képalkotású refraktor kisebb átmérő mellett is részletesebb képet ad pl. a kiterjedt Orion-ködről, mint egy olyan fényerős Newton-távcső, amely optikailag átlagos és a kómahibája nagy. A távcsötesztek gyakori hibája, hogy a távcső felbontóképességét egyenlő fényességű komponensekből álló kettőscsillagokkal vizsgálják, és ez valójában keveset mond a műszer egyéb objektumoknál tapasztalható minőségéről.



6.3. ábra. Egy pontszerű fényforrás, például egy csillag képe különböző mértékű gömbi hibát mutató távcsövekben: a) tökéletes optika, b) $1/3$, c) $1/4$, d) $5/3$ hullámhossznyi nagyságú gömbi hiba

Leképezési hibák

Egy távcső képalkotásának jellemzőit (felbontás, fénygyűjtés) hullámelméleti törvényszerűségek határozzák meg. A képalkotás minőségének a különböző leképezési hibák (aberrációk) szabnak korlátot. A leképezés hibáit torzulási diagramokkal lehet szemléletesen leírni.



6.4. ábra. A gömbtükör gömbi hibája. Az optikai tengelytől egyre távolabb lévő koncentrikus területeknek egyre rövidebb a fókusz távolsága

Színi hiba (kromatikus aberráció)

Lencsékre jellemző hiba, azért lép fel, mert a lencse anyagának törésmutatója függ a fény hullámhosszától. A különböző színekre tehát nem azonos a lencse fókusz távolsága. A színi hiba eltérő anyagú negatív és pozitív lencse kombinációjával csökkenthető. A korrekciót vizuális célra készülő távcsövek esetében a sárgászöld színek tartományra érdemes elvégezni, amelyre az emberi szem a legérzékenyebb. A két színre korrigált *akromátok* fókusz távolsága két különböző hullámhosszra azonos. A színi hibára legjobban korrigált apokromátok pedig három színre mutatnak azonos gyújtótávolságot, ezeknél színezés szemmel alig érzékelhető.

Gömbi hiba (szférikus aberráció)

Egy gömbtükör vagy egy gömbfelületekkel határolt lencse szélének a fókusz távolsága geometriai okból kisebb, mint a középső részéé (6.4. ábra). Ezért az optikai tengellyel párhuzamosan beérkező sugárnyaláb nem a fókusz pontban találkozik, hanem az optikai tengely egy szakaszára képeződik le. A szférikus aberráció tükröknél a gömbfelület helyett paraboloidfelület kialakításával vagy korrekciós lencsetag alkalmazásával (*Schmidt-távcső*, *Makszutov-távcső*); lencsék esetében két vagy három, eltérő anyagú gyűjtő- és szórólencse kombinációjával, *aplanát* lencserendszerrel csökkenthető, de teljesen nem szüntethető meg.

A gömbi hiba mértéke a lencsék esetében függ a fény hullámhosszától is (szferokromatizmus). A vizuális refraktoroknál az emberi szem érzékenységi

maximumára optimalizálják a gömbi hibát. A gömbi hiba színfüggése a hosszú gyújtótávolságú ($f/15$) akromátoknál, illetve az apokromatikus refraktoroknál nem jelentős.

Kómahiba

Az optikai tengellyel szöget bezáró, körszimmetrikus sugárnyaláb nem körszimmetrikusan képződik le. A csillagok elhajlási képe a látómező szélén elnyúlt, szélsőséges esetben „esernyőszerű”. A kómahiba kisebb-nagyobb mértékben minden távcsőtípusnál fellép. Csak bonyolult optikai rendszerrel lehet jól korrigálni. Nagyobb gömbi hibával mindig nagyobb kómahiba is együtt jár.

Asztigmatizmus

Az optikai tengellyel szöget bezáró, körszimmetrikus sugárnyaláb sehol nem találkozik egy pontban. A pontszerű forrás képe a fókuszsíokban kerek foltként, a fókuszsíkon belül és kívül egymásra merőleges nagytenge lyű ellipszisként látszik. Az asztigmatizmus jól tanulmányozható nagy látómezejű, fényerős refraktoroknál (pl. binokulárban). Csak több lencséből álló, bonyolult lencserendszerekkel, *anasztigmátokkal* korrigálható eredményesen. Anasztigmátokat elsősorban fényképezőgép-objektív céljára készítenek.

Görbült képfelület

Nagy kiterjedésű tárgy éles képe nem a fókuszsíokban, hanem a fókuszponton áthaladó görbült felületre képeződik le. Elsősorban a fényképezésnél — főleg a nagy látószögű objektívek esetében — van jelentősége. A csillagászatban a nagy látómezejű Schmidt-távcsövek erősen görbült fókuszfelületét nem korrigálják, hanem a fotólemezt deformálják a fókuszfelület alakjára. A vizuális csillagászati észlelésnél viszont csak fényerős távcsövekben és kis nagyításoknál zavaró: a látómező széle és közepe nem állítható egyidejűleg élesre. Ha a látómező közepét állítjuk élesre, a képfelület görbülete a látómező szélén a kómahibához hasonló látványként jelenik meg. Az anasztigmátok általában a képfelület görbületét is megfelelő mértékben javítják.

Hullámfronthiba

Az eddig felsorolt leképezési hibák geometriai és fizikai törvényszerűségekből következnek, és az elméletileg tökéletes lencsénél, illetve tükröknél is fellépnek. A hullámfronthibával azonban az objektív tényleges minősége, az ideálistól való eltérése jellemezhető. Azt adja meg, hogy az optikai felületek gyártási pontatlanságai, egyenetlenségei hogyan torzítják a — korábban felsorolt elméleti hibákkal egyébként már megterhelt — leképezést. Ha az optikai eszközön monokromatikus (egyféle hullámhosszúságú) fényhullám halad

át, mennyit fog torzulni a fényhullám azonos fázisú helyeit összekötő felület – a hullámfront – az optika gyártási pontatlanságai miatt. A hullámfronthiba a távcsövek teljesítőképességének egyik fő jellemzője, ezért e témakört a továbbiakban részletesen tárgyaljuk. Pontos leírásához a látómező több ezer pontján elvégzett interferometrikus mérés szükséges.

A 6.5. ábra négy távcsőtípus foltdiagramját mutatja az optikai tengelytől az okulárban nézve 40° távolságig. A műszerekben ugyanaz az okulártípus, egy jól korrigált modern 13 mm-es Nagler-okulár szerepel. Az ábra több érdekes tanulsággal szolgál:

- Az okulárban látott kép teljes torzulását az objektív és okulár torzításainak eredője szabja meg.
- A különböző távcsőtípusok eltérően reagálnak ugyanannak az okulárnak a képhibáira. Emiatt van jelentősége a távcsőtípusokhoz leginkább megfelelő okulárok kiválasztásának.
- A modern apokromatikus refraktorok nagyon jól vannak korrigálva (még nagy fényerőnél is). Kómahibájuk sokszor kisebb, mint a legjobb okulároké.
- A foltdiagramban szereplő Nagler-okulár kómahibára korrigált, modern okulár. Sajnos a hagyományos okulártípusok, pl. az Erfle saját asztigmatizmusa nagyobb mértékű, mint a legtöbb távcsőobjektív asztigmatizmusa.
- A képtorzulások erősen függnek a távcső fényerejétől. Kisebb fényerő alacsonyabb torzulásokat eredményez. A kis fényerő előnyös azért is, mert az $f/8 - f/15$ közötti fényerejű távcsövekben kitűnően funkcionálnak a hagyományos okulárok, pl. orthoszkopikus, Plössl, Erfle stb. $f/15$ -ös fényerőnél még a nagyon egyszerű típusok (pl. Ramsden, Huygens) is jól beválnak. Fényerős rendszereknél viszont a modern, soktagú és kóma-korrigált – általában nagy látómezejű – okulárok előnyösebbek.
- A mindezek miatt ajánlható a távcsöveknél egy jó minőségű, lehetőleg apokromatikus Barlow nyújtótág.

A hullámfronthiba és az optika minősége

A távcsőgyártók reklámjaiban gyakran szereplő „tökéletes” vagy „diffrakcióhatárolt” kifejezés gyakran csak üzleti fogás, a műszer valóságos leképezése mást mutat. Egy optika gyártási hibái pontosan leírhatók az objektív által leképezett hullámfront torzulásával, a hullámfronthibával. Rayleigh a 19. században úgy találta, hogy az optikai leképezés akkor „elegendően jó”, ha a leképezésben részt vevő bármelyik két fényhullám találkozásánál a fáziseltolódásuk a hullámhossz negyedénél kisebb. A diffrakcióhatárolt optika leképezése teljesíti ezt a feltételt. A hullámfronthiba $\lambda/4$ tűréshatára megfelelő felté-

Műszer	pontszerű fényforrás képének torzulása – képskála: $\overline{10''}$				
	távolság az okulárban a látómező közepétől mérve				
	0°	10°	20°	30°	40°
200 mm-es, f/6 Newton-tükör 13 mm-es Nagler-okulár együtt					
200 mm-es, f/6 Jones–Bird-tükör 13 mm-es Nagler-okulár együtt					
100 mm-es, f/5.5 apokromát lencse 13 mm-es Nagler-okulár együtt					
100 mm-es, f/8 fluorit lencse 13 mm-es Nagler-okulár együtt					

6.5. ábra. Négy távcső torzulási diagramjai (magyarázat a szövegben)

telnek bizonyult az optikai minőség jellemzésénél. Valóban ez a határ, amely fölött a távcső jól használható a kontrasztos leképezést igénylő észlelésre (pl. bolygómegfigyelésre).

Az objektív hullámfronthibájának maximális értéke a *csúcs–völgy-hiba* (PV-hiba). A maximális PV-hibánál azonban sokkal fontosabb az átlagos hullámfronthiba. Egy szabálytalan felület átlagos deformációja matematikailag a *négyzetes középhiba* (RMS) értékkel jellemezhető. A Rayleigh-feltételt teljesítő optika esetében, ha annak hibái teljesen véletlenszerűen oszlanak el, akkor a hibák RMS értéke $\lambda/13.3$.

A hullámfronthibával kapcsolatos másik jellemző optikai paraméter, a *definíciós fényesség* (DF). Kiszámolható, hogy az objektív — ha a szükségszerűen fellépő képalkotási hibákon túl elméletileg tökéletes volna — egy pontszerű fényforrás (csillag) fényének hány százalékát összpontosítaná az Airy-korongban. A valódi, hullámfronthibával is terhelt objektív természetesen ennél kevesebb fényt összpontosít az Airy-korongba. A definíciós fényesség a valójában összegyűjtött fény és az elméleti érték hányadosa.

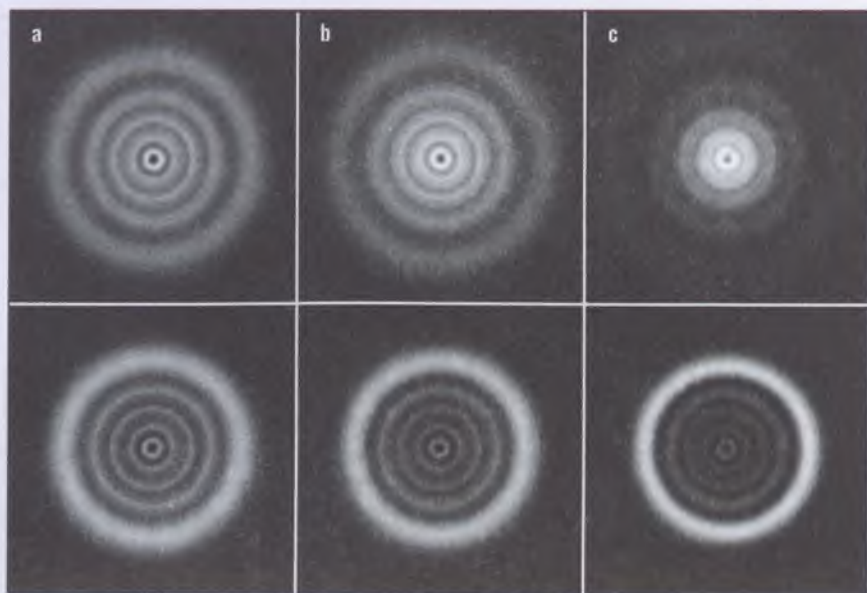
Egy diffrakcióhatárolt optikai rendszer definíciós fényessége 0.8 feletti. A definíciós fényességet az önálló objektívre szokás megadni, a tükrös távcsöveknél általában nem veszik figyelembe a központi kitakarás hatását, amely tovább csökkenti a DF értékét. Egy $\lambda/6$ -os Newton-tükör definíciós fényessége például 0.92, azaz a műszer optikailag kitűnő. Ám a Newton-távcsöveknél tipikus 25%-os kitakarásnál a definíciós fényesség értéke 0.81-re romlik, ami már alig haladja meg a diffrakcióhatároltságra jellemző értéket.

SUTTER alapmunkájában [2.] a jó optikai leképezést a Rayleigh-határral definiálta, és számszerű jellemzésére a következő DF határokat adja meg: 0.70–0.80: gyenge—jó; 0.80–0.88: jó—kitűnő; 0.88–1.00: kitűnő—tökéletes.

A valós optikai minőség és a központi kitakarás olyan fontos tényezők a képalkotásban, hogy hatásukat érdemes alaposan szemügyre venni.

Csillagteszt

Nem kétséges, hogy egy interferométerrel sok ezer pontban végzett mérés valódi „domborzati térképet” rajzol az optika hullámfronthibájáról. Az ebből számított RMS érték, illetve definíciós fényesség pontosan jelzi a műszer minőségét. Kevés távcsőről készül azonban mérés, mert interferométerrel végzett vizsgálat költséges dolog. Másrészt a minőségi távcsőgyártók sem érdekelték abban, hogy interferometrikus teszttel adják el a műszereiket, hiszen az ő gyártási minőségük is (persze magasabb szinten) ingadozó. Létezik azonban egy könnyen kivitelezhető teszt, amely markánsan megmutatja az optikai



6.6. ábra. A gömbi hiba megjelenése a csillagtesztben. Felső sor: fókuszponton kívüli, alsó sor: fókuszponton belüli képek. A korrigálatlan gömbi hiba mértéke az a) esetben $1/8$, a b) esetben $1/4$, a c) esetben $1/3$ hullámhossznyi

hibákat, sőt segítségével az optikai minőség bizonyos pontossággal meg is becsülhető. Az eljárás egy fényes csillag extra- és intrafokális (fókuszon kívüli és belüli) képének összehasonlításán alapul. Ha egy jó távcsőben, nagy nagyításnál pontosan élesre állítjuk egy fényes csillag képét, akkor láthatjuk az Airy-korongot, és körülötte egy vagy két elhajlási gyűrűt. Az eddig leírtak alapján tudjuk, hogy az optikai hibák vagy a központi kitakarás hatására a korongba kevesebb, a külső gyűrűkbe több fény összpontosul. Forgásszimmetrikus optikai hibák (például a gömbi hiba alul- vagy túlkorrigálása) forgásszimmetrikus eltéréseket okoz az elhajlási képben (a gyűrűk kifényesednek). Nem forgásszimmetrikus hibák (aszigmatikus felületű optika, a rossz befogás miatt deformálódott objektív, jusztirozatlanság stb.) esetén a diffrakciós kép is szabálytalan lesz. Az optikai hibák a pontosan fókuszált csillagképben is mutatkoznak, de sokkal jobban tanulmányozhatók az élesség elállításával, az extra- és intrafokális kép összehasonlításával (6.6. ábra).

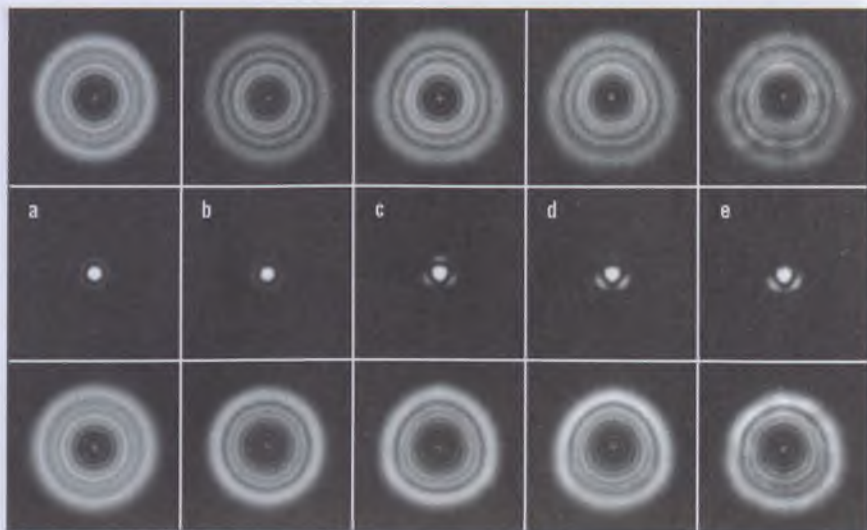
A csillagteszt elvégzése

- Állítsunk egy fényes (pl. elsőrendű) csillagot a látómező közepére, és akkora életlen csillagkorongot vizsgáljunk, amelyben 5 – 10 interferenciagyűrű látszik.

- Megbízható teszt csak nyugodt légkörnél végezhető. Különösen érzékenyek a légköri turbulenciákra a 20 cm-nél nagyobb átmérőjű távcsövek.
- Használjunk az objektív mm-ben mért átmérőjével nagyjából megegyező nagytást és jó minőségű (pl. orthoszkopikus) okulárt.
- A fókuszon belüli és kívüli kép összehasonlításához a két esetben ugyanakkorára állítsuk a csillagkorongok méretét.
- A refraktoroknál a színi hiba és a szferokromatizmus miatt használjunk zöld vagy sárga szűrőt. A fotografikus képalkotás vizsgálatára viszont a kék szín-szűrővel végzett teszt alkalmas.
- A tükrös távcsövek központi kitakarásának hatása „kis sötét lyuk” formájában mutatkozik az extra-, illetve intrafokális képen. Emiatt az egyéb hibák okozta eltérés jobban látszik az elhajlási képeken, mint a refraktoroknál.
- Az extra- és intrafokális kép eltérése markánsan jelzi az optikai hibákat. A csillagteszt nagyon érzékeny, már $\lambda/10$ hullámfronthiba (ez definíciós fényességben 0.97-nek felel meg) is észrevehető eltérést okoz.
- Az extra- és intrafokális kép viszonylagos hasonlósága $\lambda/6 - \lambda/8$ közötti hullámfronthibára enged következtetni. Ez a minőségi távcsőgyártók optikáira jellemző érték. Nagyon jó minőségű optikák esetében a két kép gyakorlatilag egyforma (pl. a Zeiss 80/1200 AS, illetve 63/840 C objektívénél).
- A gyakorlatban leggyakrabban tapasztalható eltérés a rosszul korrigált gömbi hiba. A Rayleigh-határnak megfelelő $\lambda/4$ hullámfronthiba már feltűnő különbségként jelentkezik a diffrakciós képek összehasonlításakor.
- Ha az extra- és intrafokális kép nem forgásszimmetrikus, annak leggyakrabban egyszerűen az az oka, hogy az optikai elemek rosszul vannak juszírozva. Ilyen hibát okozhat még, ha az objektív túlságosan meg van szorítva a foglatban vagy felülete durván asztigmatikus (ez ritkán fordul elő).

Az ég alatti csillagteszt sokat elárul a távcső optikájáról, de — különösen a nagyobb távcsőátmérőknél — a légköri nyugtalanság miatt mozgó diffrakciós képet nehéz vizsgálni (6.7. ábra). Sokkal könnyebb laboratóriumi körülmények között műcsillagos teszttel dolgozni. Egy hélium-neon lézer fényét bocsássuk át egy néhány mikron átmérőjű nyíláson, ez a műcsillag. A műcsillagon áthaladó fénysugarat vezessük egy lehetőleg minél jobb minőségű segéd-távcső okulárkihuzatába. A segéd-távcsövet kollimátorként használjuk, segítségével a műcsillagon áthaladó fénysugárból széles, párhuzamos fénynyalábot állítunk elő. Ezt a fénynyalábot képezzük le a vizsgálandó távcsővel. Itt a kép nyugodt, tehát akár 1000-szeres nagyítással is tanulmányozható.

Több száz különféle távcső képalkotását az ég alatt vagy műcsillagos teszttel tanulmányozva az a tapasztalatom, hogy az extra- és intrafokális kép alapján csak durva közelítésben becsülhető meg az optikai minőség. Szabályos hibáknál és a diffrakcióhatárolt minőség közelében a becslés viszonylag pon-



6.7. ábra. A kép minőségét rontó tényezők együttes megjelenése a csillagtesztben. Felső sor: fókuszponton kívüli, középső sor: fókuszban látott, alsó sor: fókuszponton belüli képek. a) tökéletes objektív 25% kitakarással, b) + rosszul korrigált gömbi hiba, c) + az optika három pontos megfogásának túlfeszítése, d) + az optikai rendszer jusztirozási hibája, e) + a légköri turbulencia hatása

tos — némi gyakorlattal eldönthető, hogy a maradék gömbi hiba $\lambda/4$ -hez ($DF=0.8$) vagy $\lambda/6$ -hoz ($DF=0.91$) áll közelebb. Szabálytalan hibáknál vagy nagyon rossz, illetve nagyon jó optikai minőségnél azonban kevés a támpont a reális megítéléshez. $\lambda/3$ -nál erősebb gömbi hiba esetén az optikai minőség már rossz, ilyen műszer inkább kis nagyítást igénylő mélyég-megfigyelésre vagy nagylátószögű fotózásra lehet alkalmas. A másik véglet, a $\lambda/8$ -nál kisebb gömbi hiba közel tökéletes minőséget jelent, itt a definíciós fényesség 0.95-nél nagyobb. A gyári optikákra a kettő közötti érték jellemző.

A központi kitakarás hatása

A képminőséget rontó tényező a központi kitakarás, amelyet a tükrös műszerekben és a katadioptrikus távcsövekben levő segédtükrök okoz. Számértéke azt adja meg, hogy a segédtükrök, vagy a takarást okozó egyéb optikai elem a főtükrök átmérőjének hány százaléka. A központi kitakarás a pontszerű objektumok elhajlási képében hasonló hatást okoz, mint a gömbi eltérés: az Airy-korongba kevesebb, az első diffrakciós gyűrűbe több fény jut. Így a kitakarást

növelve romlik a kép kontrasztja. A legtöbb amatőr túlbecsüli a központi kitakarás hatását, mert általában kitűnő refraktorokat hasonlítanak össze közepes minőségű, tömeggyártásban készült reflektorokkal, és a látott különbségeket egyedül a központi kitakarás hatásának tulajdonítják.

A központi kitakarás hatásával kapcsolatban a következőket érdemes szem előtt tartani.

A kontrasztátvitel 15%-os kitakarásnál gyakorlatilag alig romlik. Az észlelési gyakorlatban az ilyen kis méretű segédtükört tartalmazó (általában Newton-rendszerű) reflektor képalkotása alig különböztethető meg egy tökéletes reflektorétól. Egy közel tökéletes tükörrel készült távcső definíciós fényessége 15%-os kitakarással kb. 0.95, azaz egy nagyon jó minőségű ($\lambda/8$ hullámfront-hibájú, színihibától mentes) refraktorénak felel meg. Ha a kitakarás 20–25%, a kontrasztátvitel még viszonylag mérsékelten romlik. Kitűnő minőségű optikai felületek esetén a képalkotás jó, a DF 0.80–0.90 között lehet. Az optikai rendszer kontrasztátvitelére 30% kitakarás felett kezd el drámaian romlani. A képélesség közel tökéletes felületű optikánál is már csak jó–közepes.

Érdemes tehát a kitakarást a lehető legkisebbre méretezni, ennek persze korlátot szab, hogy a főtükör által összegyűjtött fénykúpnak teljesen rá kell férnie a segédtükörrre. Túl kicsi segédtükörnél kicsi lesz a teljesen megvilágított (vignettálatlan) látómező. A Newton-távcsövek segédtükreinek optimális mérete: $f/8$ -nál 15–20%, $f/6$ -nál 25%, $f/4$ -nél 30–35%. A Cassegrain típusú vagy katadioptrikus rendszerek 28–40% közötti takarású segédtükörrel dolgoznak általában. Az észlelési gyakorlatban a 20% körüli kitakarás képélességet csökkentő hatása csak a nagyon alacsony kontrasztú égitestek megfigyelésénél jelentkezik (pl. a bolygók halvány felszíni részletei). Az optikai minőség hibái ennél jóval nagyobb hatással vannak a képélességre.

Egy átlagos segédtükörtartó szerkezet (a „lábak”) csupán 1–2%-ot takar ki a főtükör felületéből, tehát a leképezés romlásában csekély a szerepe. A legkedvezőbb diffrakciós képet az egyetlen görbe lábon álló segédtükör adja, itt láthatatlanul „elkenődik” a láb okozta fényelhajlási hiba. Ez viszont a rezgésekre való hajlama miatt kedvezőtlenebb. A közhiedelemmel ellentétben a háromágú segédtükörtartó kevésbé rontja a képet, mint a négyágú (csak fel-tűnőbben látszik), mivel a kitakart terület három láb esetén kisebb!

A refraktorok gyengéje: a színezés

Az átlátszó közeg (pl. üveg) törésmutatója függ a fény színétől is. Ezt jól mutatja a prizmán áthaladó fehér fénysugár, ami a kilépő oldalon a szivárvány színeire bomlik. Az optikában használatos anyagok törésmutatójának hullám-

hosszfüggését a *diszperzióképesség* vagy *relatív diszperzió* (V) nevű mennyiséggel jellemzik:

$$V = \frac{n_k - n_v}{n_s - 1}$$

ahol n_k a kék, n_v a vörös, n_s pedig a sárga fényre vonatkozó törésmutató.

A diszperzióképesség jellemzi kép színeződésének mértékét. A színi hiba egytagú objektíveknél nagyon erős. A törésmutató értéke modern optikai üvegeknél 1.44–1.96 közötti. Két különböző törésmutatójú lencse kombinációjával a színi hiba minimalizálható, így készülnek az akromatikus objektívek. NEWTON *Optika* című művében már megtalálhatók az akromatikus lencse-rendszerek kidolgozásának alapjai. Ötven évvel az Optika megjelenése után C. M. HALL készített két különböző anyagból objektívet, de az észlelési gyakorlatban csak később terjedtek el a londoni DOLLOND akromatikus lencsei.

A legtöbb vizuális távcsőnél az optikusok két színre korrigálják az objektívet, ezeknél azonos a fókusz távolság a vörös (Fraunhofer C vonal, 656 nm – H α) és kékeszöld színben (F vonal, 486 nm – H β). A fókuszpont ehhez közel van a sárgászöldben is, míg a spektrum két végére (mélyvörös és ibolya) jelentősen eltérő fókusz távolság adódik. Az emberi szem kevésbé érzékeny a vörös és az ibolya színre, így ez a hiba a valóságban kevésbé jelentős. A hagyományos akromátoknál a fókusz távolság hullámhossztól függő változása a C és F vonal között még elég kicsi (kb. 1/2000-ed rész).

Az akromátok máig legkedveltebb típusát FRAUNHOFER tervezte 1807-ben. A Fraunhofer-objektívek egy koronaüveg gyűjtőlencséből és egy flintüveg szórólencséből állnak. A lencsék közti légrés minimalizálja a gömbi hibát és a kómahibát is.

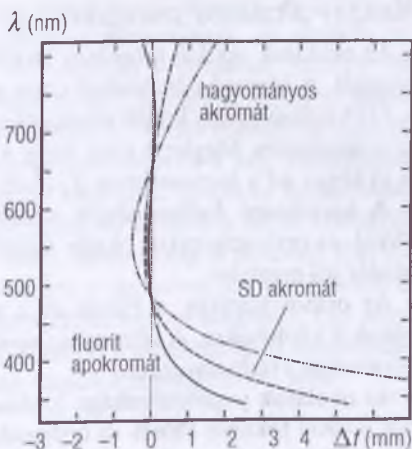
A színi hiba miatt a fókusz távolság a kék-ibolya tartományban mutatja a legnagyobb eltérést. Ez főként a fekete-fehér asztrofotózásakor lényeges, hiszen ez a filmemulzió éppen a kék fényre a legérzékenyebb. Az akromátok jelentős színi hibája a fényes csillagok körüli kékes halóként jól kivehető a színes fotókon is.

A színi hiba mértéke függ az objektív méretétől és fényerejétől. Az észlelési gyakorlatban egy 15 cm-es $f/15$ nyílásviszonyú akromát színezése még elfogadható. A fényes objektumok, például a bolygók körül kékeslila haló látszik, de a kép elég éles, és a bolygófelszínen az eredeti színek dominálnak. A nagy átmérőjű akromatikus refraktorok azonban kis fényerő mellett túlságosan hosszú tubust és nehéz mechanikát igényelnek, és kicsi a látómezejük.

A refraktorok további fejlődését a modern, alacsony diszperziójú üveganyagok tették lehetővé. Az optikai elméletet H. D. TAYLOR már 1892-ben kidolgozta, de az apokromatikus refraktorok elterjedésére egészen az 1970–80-as évekig várni kellett. Az apokromátokat három színre (vörös, sárgászöld és

kék) korrigálják. A maradék színi hiba kisebb, mint a fókusztávolság tizedrésze. Az apokromátoknál a színi hiba és a szferokromatizmus még viszonylag nagy fényerőnél is minimális. Az apokromát általában három különféle törésmutatójú lencséből áll (triplett), de különleges üveganyagok használata esetén két lencséből is elkészíthető (dublett). A háromlencsés objektív előnye, hogy a tervezőnek több lehetősége van az összes leképezési hiba egyidejű minimalizálására. A háromlencsés objektívek megfelelő pontosságú gyártása viszont jóval nehezebb, mint a kétlencséséké. A fényvesztés szempontjából is jobb a kétlencsés konstrukció. A dubletteknél a kalciumfluorid kristályüveg (fluorit) alkalmazása hozza a legjobb eredményt, mivel az optikai üvegek között ennek a legkisebb a törésmutatója. A színi hiba még $f/8$ nyílászviszonynál is jelentéktelen mértékű (*Takahashi* vagy *Vixen* fluorit-refraktorok). Sajnos a fluorit önmagában is nagyon drága, és a CaF_2 nedvességérzékenysége miatt a bonyolult megmunkálási technika tovább növeli a költségeket.

A vizuális megfigyelésnél a kép-kontrasztot a színi hiba viszonylag kevésbé befolyásolja. A magyarázat az emberi szem spektrális érzékenységeiben keresendő. Szemünk főleg a sárgászöld fényre érzékeny, a kék és vörös fényre az érzékenység ennek csupán 10–20%-a. Az akromátok és apokromátok színi hibája viszont éppen a kék és vörös tartományban erős, a sárgászöld fényben elhanyagolható. Egy jól korrigált 10–15 cm-es $f/15$ -ös nyílászviszonyú akromatikus refraktornál a színi hiba képélességet rontó hatása mérsékelt, legfeljebb akkora, mint a tükröknél a 15–20%-os kitakarásé. Az apokromátoknál ez a hatás még kisebb.



6.8. ábra. Színi hibára korrigált lencsék gyújtótávolságának hullámhosszfüggése

A fényerős akromátok színi hibája viszont drámaian nagy. Ez nemcsak esztétikailag zavaró (pl. hamis színű kettőscsillagok), hanem — például bolygó-észlelésnél — a finom részleteket is elmossa. Egy jó minőségű 80 mm-es akromát $f/15$ -nél megközelíti egy azonos méretű $f/8$ -as apokromát teljesítményét. Nyugodt légkörnél 200-szoros nagyítást is elbír. Egy 80 mm-es $f/8$ -as akromát viszont már túlzottan színes képet ad, és nem érdemes vele 100-szoros nagyítás fölé menni. Kis és közepes nagyításoknál — például a mélyég-objektumok megfigyelésénél — a fényerős akromátok jól beválnak.

Az okulárok szerepe

A. NAGLER híres mondása — „Az okulár a távcsöved fele!” — rámutat, hogy az okulár szerepe a vizuális észlelésnél nagyon fontos. Terjedelmi korlátok miatt e témát csak vázlatosan tudjuk érinteni. Az okulárok képalkotásán múlik, hogy mi „jön át” az objektív leképezéséből. Az okulároknál főként az optikai tengelyen kívüli képalkotás a döntő, mivel a három vagy több tagú okulártípusoknál a leképezés az optikai tengely mentén már közel ideális.

Az okulárok teljesítményének megítélésénél számos jellemzőt figyelembe kell venni. Közülük a fontosabbak: a képkontraszt, a fényáteresztő képesség az optikai tengelyen, a színre korrigáltság, az optikai tengelyen kívüli képtorzulások (pl. kómahiba), a látómező mérete, a pupillatávolság és a belső reflexiók.

Néhány általános szempont a vizuális megfigyelésekhez:

- Az okulárok optikai tengelyen kívüli torzítása erősen függ az objektív fényerejétől. A fényerő növelésével egyre nagyobb lesz a kómahiba.
- $f/15$ nyílászáró körüli távcsöveknél még az egyszerű okulárok kómahibája is minimális. Meglepő tény, hogy a legegyszerűbb, kéttagú *Huygens-okulár* is jó képet ad a hagyományos $f/15$ -ös refraktorokkal.
- A háromtagú *Kellner-okulár* elsősorban a színi hibája miatt marad el a Plössl- és orthoszkopikus okulár mögött. Kis és közepes nagyításra a Kellner-okulár jól megfelel.
- Az orthoszkopikus, a Plössl- és a super-Plössl-okulárok nagyon jól korrigáltak a képhibákra. A viszonylag kevés (4–5) lencsetag kitűnő fényáteresztő képességet eredményezhet.
- Az okulárok pupillatávolsága fontos kényelmi szempont az észlelésnél. Sajnos a rövid fókuszú Plössl- és orthoszkopikus okulárnál túl rövid (10 mm alatti) pupillatávolság esetén a megfigyelés hosszú távon kényelmetlenné válik.
- Nagy nagyításnál a legjobb eredményt egy kitűnő (apokromatikus) Barlow-lencse adja, hosszabb fókuszú okulárokkal kombinálva. Egyes okulártípusoknál a Barlow-lencse be van építve az okulárba.
- A maximális képkontrasztot a 4–6 tagú (gyakran ED lencsét tartalmazó) okulárok nyújtják, ezek látómezeje $45–60^\circ$ között van. (*Brandon ortho*, *Pentax* és *Zeiss ED ortho*, *Takahashi LE*, *Tele Vue Radian* stb.).
- A fényerős távcsöveknél a legjobb eredményt a nagy látómezejű, kómakorrigált típusok adják (*Tele Vue Panoptic*, *Nagler*, *Pentax XL*). A sok lencsetag ezeknél csekély kontrasztvesztést okoz a látómező közepén.
- Az okulárok gyártási minősége erősen eltérő. A drága okulároktól (*Tele Vue*, *Pentax*, *Meade*, *Zeiss* stb.) a legjobb teljesítményt várhatjuk, de egy tömeggyár-

tású távol-keleti Super Plössl neve inkább csak az optikai elrendezésre utal, nem a minőségre.

- Az okulár minősége éppen a legnagyobb és a legkisebb nagyítás környékén a legkritikusabb. A refraktorokhoz gyakran mellékelnek prizmat szériatartozékként. Ez teljesen hibás gyakorlat, mivel a prizma színi hibája felerősíti a lencsék maradék színi hibáját. Így a lencsés távcsöveknél inkább precíz zenit-tükröt használunk, vagy — például a bolygók megfigyelésénél — vállaljuk a kényelmetlen „direkt” megfigyelési pozíciót. Az egyszerű akromatikus Barlow-lencse a refraktoroknál szintén növeli a színezést, ezért a nagyobb nagyításoknál inkább apokromatikus Barlow-lencsét alkalmazunk.

Az alkalmazható nagyítás

A vizuális észlelés fontos kérdése, hogy mekkora az optimális nagyítás. Az alkalmazható nagyítás a megfigyelt objektum kontrasztjának, az objektív átmérőjének és minőségének függvénye. Az alacsony kontrasztú, halvány objektumokról (ilyenek például a Tejút diffúz ködei) a legtöbb részletet akkor kapjuk, ha az okulárban a kilépő pupilla mérete 2–4 mm közötti. A nagyítás alsó határának a távcső—okulár rendszer kómahibája és a kép vignettáltsága szab gyakorlati határt. Például egy közel tökéletes, 10 cm-es apokromatikus refraktor 20-szoros nagyítással ideális képet ad a halvány diffúz ködökről. Nyugodt légkörnél a bolygókon viszont akár 300-szorosig is érdemes fokozni a nagyítást. A legfontosabb nagyítástartomány e távcsővel az 50–150-szeres közötti, ez a legtöbb objektumtípus kontrasztviszonyaira alkalmas. Egy fényerős 200/1000-es Newton-távcsőnél kissé szűkebb a kihasználható nagyítástartomány a nagyobb kómahiba és a kevésbé ideális kontrasztátvitel miatt.

Röviden a különböző távcsőtípusokról

Akromatikus refraktorok

Klasszikus amatőr távcsövek. A legelterjedtebb Fraunhofer-refraktor színi hibája nem jelentős. A kontraszt nagyon jó, feltéve, ha a lencseelemeket precízen készítették. A hosszú fókuszú akromátoknál szerencsére legtöbbször még a tömeggyártmányok is megfelelőek. A látómező jól korrigált, és a zárt tubus miatt a 6–15 cm átmérő közötti Fraunhofer-refraktorok kitűnő távcsövek a kettőscsillagok, a Nap, a Hold, a bolygók tanulmányozására. Egy 15 cm-es $f/15$ -ös lencse már szinte obszervatóriumi távcsőnek számít. A fényerős

($f/5 - f/9$) akromátok kitűnőek mint kompakt és nagy látómezejű utazótávcsövek. Színi hibájuk nagyobb nagyításoknál már zavaró.

Apokromatikus refraktorok

Színi hibájuk csak törtrésze az akromátokénak, a fókuszban legfeljebb csak a legfényesebb objektumoknál (Vega, Vénusz) jelentkezik gyenge elszíneződés. A kontraszt és a látómező korrigáltsága szintén kitűnő (természetesen csak akkor, ha az optikai elemek is jók). További vonzó előny a nagy látómező (nemritkán $3-4''$ is lehet). A $7-9$ cm-es apokromátok elsőrangú utazótávcsövek. Szinte ideális távcsövek, elterjedésüknek mégis gátat szab a rendkívül magas áruk. 15 cm-es átmérő felett az ár már tényleg „csillagászati”, és lényegesen olcsóbb alternatívák vannak minden észlelési területre.

Newton-távcsövek

Az amatőrök körében legelterjedtebb műszerek. A házi készítésű Newtonok kritikus pontja a segédtükör. Az igazán jó minőségű, gyári segédtükör ára a főtüköréhez közelít. A rendszer érzékeny a jusztirozásra (különösen a fényerős reflektorok), ezért mechanikailag megfelelően stabil tükörtartókat kíván. A nyitott tubus miatt időről időre elpiszkolódnak az optikák, és a tubusbeli áramlások sem ideálisak (ami kritikus lehet bolygók megfigyelésénél). A fényerős ($f/4 - f/5$) Newtonok segédtükre nagy, a főtükör méretének $25-35\%$ -a. Ez a képkontrasztot alaposan lerontja, és a nagy fényerő miatt a kómahiba is jelentős. A kómahibán kómakorrektorral lehet segíteni. Az amatőrök számára a nagy teljesítményű, de megfizethető távcsőtípust a $25-40$ cm átmérőjű, fényerős Newtonok jelentik. $f/6$ -os fényerőnél a központi kitakarást $20-25\%$ -ra csökkentve a kontraszt romlását is számottevően csökkenthetjük. A kis fényerejű ($f/8$ körül) és kis (15% körüli) kitakarású Newtonok a legjobb leképezésű távcsövek közé tartoznak, bár a tubushossz előnytelenül megnő, és a vignettálatlan látómező is viszonylag kicsi.

Cassegrain-távcsövek

Nagy átmérő mellett is kicsi tubushosszuk miatt terjedtek el. A középén átfúrt paraboloid főtükör fénykúpját hiperboloid felületű segédtükör nyújtja meg. Többféle Cassegrain-jellegű rendszer létezik, de mindegyiknek nagy ($30-35\%$) a központi kitakarása, s ez jelentős kontrasztromlással jár. A kómahiba sem elhanyagolható, ezért rendkívül fontos a pontos jusztirozás. 25 cm-es átmérő fölött e műszerek mint komoly „obszervatórium” távcsövek ajánlhatók.

Schmidt–Cassegrain-távcsövek

A Cassegraineknél sokkal elterjedtebbek az amatőr gyakorlatban. Ezek katadioptrikus rendszerek. A főtükör gömb felületű, melynek optikai hibáit egy negyedrendű felületű korrekciós lencse korrigálja. A Schmidt–Cassegrain-távcsöveknél a kitakarás nagy (30–35%). A kontrasztviszonyok kompromisszumot igényelnek az észleléseknél. Mégis nagyon közkedveltek, mert a rendszer nagyon kompakt, a látómező korrigáltsága pedig kitűnő. A Schmidt–Cassegrain-távcsövek (a legismertebbek a *Celestron* és a *Meade* gyártmányai) sokoldalú és könnyen szállítható távcsövek. Az áruk megfizethető, de néhány szempontból a képalkotásban kompromisszumot kell kötnünk.

Makszutow-távcsövek

Közülük a Makszutow–Cassegrain-rendszer csupa gömbfelület határolta, katadioptrikus rendszer. A gömbfelületekben rejlik a típus előnye, az olcsó gyártástechnológia mellett elérhető nagy optikai pontosság. E precíz távcsövek a nagy (30% körüli) kitakarás ellenére kontrasztos képet adnak. A látómező nagyon jól korrigált. Általában a legmagasabb minőségi kategóriába tartoznak, de ez meglátszik az árukon is. A világhírű *Zeiss* és *Questa*r mellett jó és olcsóbb Makszutow-távcsöveket készítenek orosz cégek, például az *Intes* is.

A Makszutow-távcsövek nemrégiben kifejlesztett típusa a *Makszutow–Newton*. Itt a korrekciós tagra egy Newton-segédtükröt rögzítenek. Ezeknél a távcsöveknél a kis kitakarású (20%) segédtükrnek köszönhetően a kontraszt ezeknél már-már refraktorszerű. A kómahiba is mérsékelte, a zárt tubus pedig további előnyt jelent. E típus egyetlen számottevő hátránya a korlátozott méretű, 1" alatti vignettálatlan látómező.

Irodalom

- [1.] ABBOTT, F.: Modulációátviteli függvény. *Kép- és Hangtechnika*, 1984, 161. o.
- [2.] SUITER, H. R.: *Star Testing Astronomical Telescopes* Willmann-Bell, 1994.
- [3.] NUSSBAUM, A.–PHILLIPS, R. A.: *Modern optika mérnököknek és kutatóknak*, 1982, Budapest, Műszaki Könyvkiadó.

Mizser Attila

A Magyar Csillagászati Egyesület tevékenysége 2002-ben

Polaris Csillagvizsgáló

2002 volt első teljes évünk egyesületünk első számú bázisán, a Polaris Csillagvizsgálóban. Az egyesületi összejöveteleken és az észlelőmunkán kívül jelentős ismeretterjesztő tevékenységet is folytattunk: egész évben heti három alkalommal fogadtuk távcsöves bemutatásainkon az érdeklődőket és az iskolai csoportokat. A június – augusztusi időszakban az Óbudai Művelődési Központ Szabadidő Parkjában működő nyári tábor diákjait heti rendszerességgel fogadtuk ismeretterjesztő előadásokkal és Nap-bemutatással.

A csillagvizsgáló adott helyet hagyományos keddi egyesületi összejöveteleinknek és előadás-sorozatunknak, melyet tavasszal és ősszel tartottunk. Szombat esténként az egyesületi tagoknak észlelési lehetőséget biztosítottunk a Polaris távcsöveivel, illetve az észlelőterazon felállítható saját távcsöveikkel. Ezenkívül az intézmény olyan prózai funkciókat is ellát, mint az MCSE-kiadványok postázása és raktározása – a Polaris bérlése előtti időszakban mindezen tevékenységeket magánlakásokon tudtuk csak megoldani.

A Polaris Csillagvizsgáló előadás-sorozata:

- febr. 5. Az anyag születése (Kereszturi Ákos)
- febr. 19. A bolygók születése (Kereszturi Ákos)
- febr. 26. Exoökológia, avagy az élet helye a Tejútrendszerben (Kereszturi Ákos)
- márc. 5. Az élet lehetősége a Naprendszerben (Hargitai Henrik, Sik András)
- márc. 12. Az élet „elpusztíthatatlansága” (Simon Tamás)
- márc. 26. Hipernóvák (Szabó Gyula)
- ápr. 2. A Kuiper-objektumok tíz éve (Sárnecky Krisztián)
- ápr. 9. Kisbolygó egyéniségek (Kereszturi Ákos)
- ápr. 16. Dante csillagászata (Ponori Thewrewk Aurél)
- ápr. 23. Patagónia, Tűzföld és a déli ég (Ladányi Tamás)
- ápr. 30. Távcsövek az Atacama-sivatagban (Orbán Ádám)

- máj. 7. Gyorsmérleg az Ikeya–Zhang-üstökösről (Sárnecky Krisztián)
 máj. 14. Aktív csillagok (Patkós László)
 okt. 8. A Voyager-program 25 éve (Horvai Ferenc)
 okt. 15. A nagy égi vizsgálat: a Sloan Digital Sky Survey (Szabó Gyula)
 okt. 22. Amerikából jöttem, mesterségem címere: távcsőtűkör
 (Fűrész Gábor)
 okt. 29. Nyári változós kalandozások Nyugat-Európában (Kiss László)
 nov. 5. Az asztrobiológia legújabb eredményei (Kereszturi Ákos)
 nov. 12. Hell Miksa és a 18. század csillagászata (Csaba György Gábor)
 nov. 19. 25 éves a Budapesti Planetárium (Mátis András)
 nov. 26. Egy új tudománytörténeti kötet (Gazda István)

2002 őszén újraindítottuk a Polaris-szakkört, melyben középiskolások sajátíthatnak el csillagászati és űrkutatási ismereteket. A szakkört Horvai Ferenc csillagász hallgató vezette.

A szokásos nyitva tartás mellett 2002-ben több alkalommal tartottunk a médiában külön is meghirdetett bemutatókat. A Csillagászat Napját március 23-án tartottuk (ezen a napon több MCSE helyi csoport is tartott rendezvényt). Augusztus 17-én a 2002 NY40 földszűrő kisbolygó földközelsége alkalmából szerveztünk bemutatót. Március–április során az Ikeya–Zhang-üstökös, április–május folyamán pedig a nagy bolygóegyüttállás vonzott az átlagosnál több látogatót a Polaris Csillagvizsgálóba.

Márciusban kiépítettük az intézmény helyi számítógépes hálózatát, októberétől pedig a megkezdtük a kupola átalakítását: a korábbi főműszert, a 150/2250-es Zeiss Cassegrain-távcsövet egy 200/2470-es refraktorra, egy igazi obszervatóriumi műszerre cseréltük (a műszer csak 2003-ban készült el teljesen).



7.1. ábra. A Kulin-émlékérem

Egyesületi élet, rendezvények, táborok

Régi adósságot törlesztettünk, amikor a Tudományos Ismeretterjesztő Társulattal közösen létrehoztuk a Kulin György-émlékérmét. Az elismerést a csil-



7.2. ábra. Yolo-rendszerű távcsövek a 2002-es szentléleki távcsöves találkozón

lagászati ismeretterjesztésben kiemelkedőt alkotó személyeknek ítélni oda a két szervezet által létrehozott kuratórium. Az első Kulin-emlékérmet Ponori Thewrewk Aurél vehette át 2002. január 29-én, a TIT Szövetség székházában tartott ünnepségen.

A Polaris Csillagvizsgáló adott otthont a bolygóészlelők találkozójának (március 9–10.), illetve a változócsillag-észlelők összejövetelének (május 25.). Különösen az utóbbi rendezvénynek volt kedvező visszhangja, hiszen egy nagy múltú, ám 1997 óta szünetelő találkozó-sorozatot sikerült felelevenítenünk.

Évi rendes közgyűlésünket április 6-án tartottuk, az Óbudai Művelődési Központban. Ezúttal a kötelező protokolláris beszámolókat az óriástávcsövekkel foglalkozó előadások, illetve szakcsoportjaink és helyi csoportjaink bemutatkozásai egészítették ki.

2002 nyarán két nagyobb észlelőtábort bonyolítottunk le – nagyon eltérő körülmények között. Az *Ágasvár 2003* elnevezésű ifjúsági táborban mintegy 90 fő vett részt. Az „észlelő-nevelő” tábort elsősorban a tizenévesek számára indítottuk, még 1991-ben. A 2002-es táborban, melyet törzshelyünkön, az ágasvári turistaházban bonyolítottunk le július 5–12. között, kimagaslóan jó

észlelési körülmények fogadták a fiatalokat, csaknem minden éjszaka végig derült volt az ég. A programot egri és piszkás-tetői kirándulás színesítette.

A minden korosztály számára, augusztus 8–11. között tartott *Meteor 2002 Távcsoves Találkozó*nak másodízben adott otthont a szentléleki Turistapark. A rendkívül mostoha, monszun jellegű időjárás miatt a korábbiaknál jóval kevesebben, mindössze 180-an vettek részt találkozónkon. A rendezvény talán legérdekesebb színfoltját jelentették Schné Attila Yolo-távcsövei, de a távcsoves fórum és a szombat délutáni nagy „asztrobazár” is sokak számára emlékezetes maradt.

Napórak két ország határán elnevezéssel szeptember 27–29. között rendezett találkozót a szombathelyi Gothard Amatőrcsillagászati Egyesület. A Kőszegen lebonyolított nemzetközi napórás szimpóziumon külföldi (zömmel osztrák, német) előadóknak köszönhetően rendkívül színvonalas előadásokat hallhattunk. A rendezvényt az MCSE is támogatta. A találkozón alakult meg az MCSE Napóra Szakcsoportja.

Szegedi csoportunk október 12-én tartotta évi rendes találkozóját, melyen 55-en vettek részt. A sorrendben kilencedik szegedi találkozón színvonalas ismeretterjesztő és szakmai előadások hangoztak el szegedi és budapesti csillagászoktól, csillagász hallgatóktól.

Szeptember 21-én alakult meg győri csoportunk, ezzel vidéki csoportjaink száma 16-ra növekedett.

Ismét támogattuk a Természet Világa folyóirat diákpályázatát. A *Ha én csillagász lennék* című cikkpályázat helyezettjeit pénz- és könyvjutalomban részesítettük.

Az év legemlékezetesebb „égi” eseménye a Leonidák meteorraj november 18/19-i kitörése volt, melyet – „médiakampányunknak” köszönhetően – országsszerte rengeteg helyszínen kísérték figyelemmel. A meteorraj 2002-es kitöréséről számos beszámoló, fotó érkezett, melyeket a Meteor 2003/1. számában közöltünk.

A hazai amatőrök adományaiból két romániai amatőrtársunkat támogattuk. Sajtz András számítógéphez juttattuk, Kósa-Kiss Attilának pedig egy 80/480-as kisrefraktort ajándékoztunk. Határon túli amatőrcsillagászok támogatására továbbra is folyamatosan fogadunk adományokat.



7.3. ábra. Kósa-Kiss Attila a 80/480-as ajándék refraktorról

Kiadványok

Folyamatosan megjelentettük *Meteor* című havi folyóiratunkat (összesen 11 szám, melyből a 7-8. szám dupla), összesen 768 oldal terjedelemben (további 48 oldal színes képmelléklettel). A *Meteor* továbbra is a hazai amatőrmozgalom első számú nyomtatott fóruma, bizvást állíthatjuk, hogy a legendás *Föld és Ég* örökebe lépve mind az észlelő és távcsőépítő amatőrök, mind a csillagászat iránt érdeklődők számára sok hasznos olvasmánnyal szolgál. Folytattuk az „Új” *Naprendszer* című sorozatunkat, illetve a korábbinál több hazai asztrofotót közöltünk — a legkiválóbb felvételek közül válogatva. A *Meteor* kiadásához 2002-ben — hagyományos támogatóink, a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma és a Nemzeti Kulturális Alapprogram mellett — jelentősen hozzájárultak hirdetőink is.

Legrangosabb kiadványunk, a *Meteor csillagászati évkönyv* 2003. évi kötetét november elején jelentettük meg, 326 oldalon. A megszokottnál korábbi megjelenés nagymértékben megkönnyítette a kiadvány kiküldését tagjaink számára, azonban a magas könyvkereskedelmi árrés (nemritkán 45–50% százalék!) kétségkívül hátrányosan befolyásolja a kötet (és más, a könyvterjesztésbe bekeverülő kiadványaink) forgalmát.

Februárban adtuk ki az *Amatőrcsillagászok kézikönyve* második kiadását (536 oldal). Az 1999-ben megjelentetett első kiadás teljesen elfogyott, így égetővé vált az új Kézikönyv elkészítése. A második kiadás számos fejezetét átdolgoztuk, a hibákat kijavítottuk, a csillagászati képkötésről pedig teljesen új fejezetet állítottunk össze. Úgy véljük, az észlelőmunka iránt komolyan érdeklődő amatőrök számára fontos, informatív kiadványt sikerült megjelentetnünk.

Márciusban készült el — a Guards Rt.-vel közös kiadásban — a *Napfogyatkozás 1999* CD-ROM, mely közel 80 közreműködő felvételeit, videóit mutatja be számos kordokumentummal kiegészítve. A CD méltóképpen örökíti meg a ritka égi jelenséget.

Júliusban hazai asztrofotósok munkáinak felhasználásával elkészült 8 db-ból álló képeslap-sorozatunk (Orion-kód, Észak-Amerika-kód, Hale–Bopp-üstökös, bolygóegyüttállás, teljes holdfogyatkozás, Hold, teljes napfogyatkozás, protuberanciák).

Internet

Az MCSE honlapjának látogatottsága továbbra is jelentős, különösen a ritka csillagászati jelenségek időszakában — a Leonidák meteorraj novemberi jelentkezésekor kiugróan magas volt az érdeklődés. A honlap látogatóinak száma 2002 végén elérte a 400 ezret.

Költségvetésünk

Egyesületünk költségvetése a korábbi évekhez hasonlóan alakult: 2002-ben elérte a 16 709 000 Ft-ot. Továbbra is az egyesületi tagdíjak jelentik a legfőbb bevételi forrást (8 151 000 Ft). Az SZJA 1%-ából származó bevételeink tovább emelkedtek (2 752 000 Ft), ami azt mutatja, hogy továbbra is sokan tartják munkánkat támogatásra méltónak. Pályázati bevételeink (1 790 000 Ft) és kiadvány-értékesítésünk (1 805 000 Ft) szintén jelentősen hozzájárultak bevételeinkhez. Kiadásaink (16 667 000 Ft) sorában a legnagyobb tételt (7 700 000 Ft) továbbra is a nyomdaköltségek jelentik. További jelentős kiadásaink: kommunikációs költségek (2 283 000 Ft), Polaris Csillagvizsgáló (1 065 000 Ft), bérek és bér jellegű kiadások (1 523 000 Ft), táborok (1 529 000 Ft).

2002 szeptemberétől egy polgári szolgálatost – Rózsahegyi Mártont – alkalmaztunk.

Az MCSE nyári táborainak tervezett időpontja:

Ágasvár 2004 Ifjúsági Tábor: július 16–23.

Meteor 2004 Távcsoves Találkozó: augusztus 19–22.

Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe 2004-re!

Név:

Cím:

Születési dátum: év hó nap

Telefonszám: E-mail:

Aláírás:

A tagdíj összege 4800 Ft, illetmény: a Meteor csillagászati évkönyv 2004 és a Meteor című havi folyóirat 2004-es évfolyama)

A tagdíjat az MCSE címére (1461 Budapest, Pf. 219.)
rózsaszín postautalványon kérjük feladni!

Balázs Lajos

Az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézetének működése 2002-ben

2002-ben volt 40 éve annak, hogy elindultak az észlelések az intézet piszkéstartói állomásán. Ebből az alkalomból az alapító, Detre László tiszteletére emlékművet avatott fel Kroó Norbert, a Magyar Tudományos Akadémia főtitkára. Az emlékmű Balázs József szobrászművész alkotása.

Tudományos eredmények

Csillagok belső szerkezete és fejlődése

RR Lyrae változók: A Nagy Magellán-felhő változóiról készült MACHO adatbázisban található, Blazsko-effektust mutató RR Lyrae csillagok fénygörbéjének Fourier-análíziséből kapott eredmények megkérdőjelezik a ferde rotátor elmélet helyességét, valamint a rezonáns móduscsatoláson alapuló modellek számára is erős megszorításokat jelentenek (KOVÁCS G.).

Megvizsgáltuk, hogy van-e a Blazsko-effektust mutató RR Lyrae-knek olyan fázisa, amikor közönséges RR Lyrae-ként viselkednek. Az eredmények szerint nem igaz az a korábbi állítás, hogy a Blazsko-maximumban az effektust mutató RR Lyrae-k olyanok, mint a közönséges, nem modulált RR Lyrae-k (BENKŐ J., JURCSIK J., SZEIDL B.).

Spektroszkópiai és fotometriai mérések összehasonlításával azt kaptuk az M3 gömbhalmaz változóira, hogy fémtartalmuk nem homogén, szemben a halmaz óriáscsillagaiban tapasztaltakkal (JURCSIK J.).

Az 1 m-es távcsőre szerelt CCD-kamerával az M56 gömbhalmazban a képkivonási módszer segítségével elsőként vizsgáltuk át a halmaz központi vidékét, változókat keresve. A vizsgálat során nem sikerült új változókat találni (BENKŐ J.).

Az XZ Dra 70 éves fotometriai méréseit feldolgozva megfigyelhető a csillag viselkedésében egy kb. 7000 napos ciklus is, melynek során mind a pulzációs, mind a modulációs periódus azonos irányban változik. A jelenséget kísérő jelenlétével nem sikerült kielégítően megmagyarázni. Felvetettük, hogy a jelenség a Napéhoz hasonló mágneses ciklus létezésére utal (BENKŐ J., JURCSIK J., SZEIDL B.).

Az elmúlt 40 évben az intézetben észlelt 10 monoperiodikus RRAb csillag 52 fényességmaximumának időpontját határoztuk meg (PÓCS M., SZEIDL B.).

ATLAS csillaglégmódellek és a Navier–Stokes-egyenlet összekapcsolásával új (tisztán fotometriai) módszert dolgoztunk ki pulzáló csillagok távolságának és tömegének meghatározására. Fontos mellékterméke a módszer alkalmazásának a csillag tömege, amit eddig csak többmódusú pulzáció esetén lehetett meghatározni. A módszer lehetőséget teremt az extragalaktikus távolságskála eddiginél megbízhatóbb kalibrálására (BARCZA SZ.).

Elvégeztük az RR Lyrae csillagok turbulens konvekciót is tartalmazó kóddal történő átfogó modellezését. Ily módon először sikerült konzisztens módon feltérképeznünk azt a paramétertartományt (tömeg, luminozitás, effektív hőmérséklet és fémtartalom), amelyben lehetséges a kétmódusú pulzáció. Más, közvetett módszerekkel kapott eredményekkel összhangban közvetlenül sikerült bizonyítanunk, hogy kétmódusú RR Lyrae-k csak nagyobb tömegnél fordulnak elő (KOLLÁTH Z., SZABÓ R.).

Cefeidák: Második gerjesztett módot mutattunk ki az EY Car cefeida pulzációjában, illetve meghatároztuk a DZ CMa kétmódusú cefeida pulzációs frekvenciáinak pontos értékét. Újabb cefeidák (V340 Arae, FO Carinae) spektroszkópiai kettősségét igazoltuk (SZABADOS L.).

δ Scuti csillagok: Az RV Ari nagy amplitúdójú δ Scuti csillag vizsgálata során kimutattuk, hogy az első felharmonikus periódusa is lassú, de ellentétes irányú változást mutat, mint a fundamentális periódus. Ez azt jelenti, hogy a periódusváltozásokat nem szükségképpen csillagfejlődési effektusok idézik elő. Ugyancsak kimutattuk, hogy a csillag egy kb. $0^m.01$ amplitúdójú nem radiális módusban is pulzál (PÓCS M., SZEIDL B.).

Az SPSS statisztikai programcsomaggal végzett statisztikai vizsgálat megerősítette, hogy a ϑ Tucanae δ Scuti típusú csillag módusai az amplitúdóarányok alapján csoportokba rendezhetők, a fáziskülönbségek szerint pedig különböző szinteken helyezkednek el (PAPARÓ M., BALÁZS L.).

Az NGC 6231 fiatal déli halmaz változóinak tanulmányozása során 17 új változócsillagot találtunk, közöttük több fősorozati pulzálót (NUSPL J.).

Félszabályos változócsillagok: Több tucat félszabályos, RV Tauri és mira csillag fényváltozását elemeztük a globális fázistér-rekonstrukció és idő–frekvencia módszerek segítségével. A csillagok jelentős részénél a rezgés domináns frekvenciájának harmonikusánál a frekvenciamoduláció nincs szinkronban a fő rezgés változásával. A fázistér-rekonstrukció csak kevesebb esetben ad meggyőző eredményt (CSUBRY Z., KOLLÁTH Z.).

Szoftverfejlesztés: Az év folyamán befejeződött az OM–IKTA támogatással végzett szoftverfejlesztés. Az oktatási és tudományos célokra szabadon használható TiFrAn (Time Frequency Analyzer) programcsomag letölthető az intézet honlapjáról. A TiFrAn segítségével érdekes interdiszciplináris kutatá-

sokra is lehetőség nyílt: A Gyógypedagógiai Főiskola Foniátriai tanszékével közösen kidolgozott hallásvizsgálattal szignifikáns különbséget kaptunk diszlexiás és egészséges gyermekek között (CSUBRY Z., KOLLÁTH Z.).

Aktív jelenségek csillagok légkörében

A Naphoz sok szempontból hasonlító gyorsan forgó LQ Hya aktív csillag hosszú távú fotometriai adataiból több periódus jelenlétét is sikerült igazolni, amelyek természetükben hasonlítanak a napaktivitás több időskálájú ciklikus viselkedéséhez. KPNO-beli nagyfelbontású spektroszkópiai méréseket felhasználva a Doppler-képalakítás módszerének alkalmazásával a csillagon az egyenlítőhöz közeli tartományban szinte összefüggő foltos övet találtunk, a pólusokhoz közeli, ill. azokat lefedő foltokat azonban nem (KÓVÁRI Zs.).

Folytattuk néhány aktív csillag fotometriai ciklusainak vizsgálatát. Felhasználva immár 34 évre is kiterjedő adatsorokat a mintában eddig talált ciklus-hosszakat megerősítettük a rövidebb rotációs periódusú csillagokra (LQ Hya, V833 Tau, EI Eri, V711 Tau, HU Vir és IL Hya), de más eredményt kaptunk a két óriáscsillag, a HK Lac és az IM Peg esetében (OLÁH K.).

Kifejlesztettünk egy felhasználóbarát számítógépes programot egy- és többszín-fotometriai adatok feldolgozására. A program képes adatokat idő-sorban modellezni úgy is, hogy megengedi a szezonális adathiányokat. Többszín-fotometriai adatokból folthőmérséklet is meghatározható. Ennek segítségével analizáltuk az IM Peg teljes 23 éves fotometriai adatsorát. Sikerült a csillag foltatlan fényességének meghatározása BV(RI)c színekben, a V színre kapott érték megegyezett a spektroszkópiából mások által, függetlenül kapott értékkel. Többszín-fotometriából nyomon követtük a folthőmérséklet változását 1992–2001 között, és megállapítottuk, hogy az követi a fényváltozást. Meghatároztuk az átlagos folthőmérsékletet is (OLÁH K.).

Folytattuk a TT Ari kataklizmikus változó vizsgálatát. A különféle hullám-hossztartományokban (részben) szimultán végzett megfigyelések alapján megállapítottuk, hogy a kváziperiodikus oszcillációk nagy valószínűséggel az akkréciós korong belső, forró részén keletkeznek. (PATKÓS L.).

Tovább folytattuk az SN 2001V adatainak feldolgozását. Az eredmények szerint a szupernóva távolsága 74.5 Mpc. Észleltük az SN 2001X, SN 2001en és SN 2002ap szuper-, ill. hipernóvákat, sok új BVRI fotometriai pontot kapva a leszálló ágakról (CSIZMADIA Sz., SZABÓ R.).

Napaktivitás

A Yohkoh/SXT, SOHO/EIT és LASCO észleléseinek felhasználásával azonosítottunk minden napkitörést és koronakitörést, amely a NOAA 7978 aktív vidékből indult ki. Azt találtuk, hogy a flerezés és a koronakitörések a mágne-

ses fluxus gyors növekedési fázisa során voltak a legintenzívebbek. Ezt követően a flerek száma és energiája gyorsan csökkent, majd a napfoltok eltűnésével a flerezés gyakorlatilag megszűnt. Ezzel szemben a koronakitörések továbbra is nagy számban (rotációként 4–8) eredtek ebből a széteszló aktív vidékből (VAN DRIEL-GESZTELYI L.).

A SOHO/MDI-magnetogramokból kiindulva olyan modelleket illesztettünk, hogy a számolt erővonalak a legjobb egyezést mutassák a lágy röntgenben megfigyelt koronahurkokkal. Meghatároztuk az aktív vidék helicitásháztartását. A hiányzó helicitás a fotoszféra alatti rétegekben (feltehetőleg a tachoklinában) keletkezik, és a felemelkedő mágneses fluxushurokkal jut a napfelszínre, a koronába, majd a bolygóközi térbe (VAN DRIEL-GESZTELYI L., KÖVÁRI Zs.).

Teszteltünk 22 koronafűtési modellt. Azok a modellek egyeztek jobban a megfigyelésekkel, amelyek az áramokat hordozó mágneses tér disszipációjával magyarázták a korona fűtését (VAN DRIEL-GESZTELYI L.).

A SOHO és TRACE űreszközök megfigyeléseire támaszkodva, de a debreceni megfigyeléseket véve alapul, kiderült, hogy egy aktív vidéknek jelzett területen belül legalább 7–8 bipoláris napfoltcsoport bukkan fel a megfigyelések 11 napja alatt. Az azonos aktivitáshoz tartozó, azonos mágneses polaritású pórusok összetartó mozgás után egybeolvadnak, míg a különböző aktivitáshoz tartozók ha össze is tapadnak a mozgások során, a foltok umbráját továbbra is fényes híd választja el (KÁLMÁN B.).

Megmutattuk, hogy az aktív vidékek dőlésszögeinek viselkedése összhangban van azzal az elképzeléssel, miszerint az azokat kialakító mágneses fluxuscsövek kezdeti elhelyezkedése toroidális. Becslést adtunk a konvektív zóna aljáról induló Ω alakú mágneses hurkok feljövetele idejére. A felszállási idő fordítottan arányos a fluxuscsőben lévő mágneses tér erősségével. Megmutattuk, hogy a fotoszférikus aktív vidékeket megformáló Ω alakú mágneses hurkok minden bizonnyal még a felbukkanásuk előtt elszakadnak a konvektív zóna alján elhelyezkedő kiindulási helyüktől (GERLEI O., TÓTH L.).

Egy fler időbeli lefutásának kváziperiodikusan fluktuáló jellegét egy másik, független módszerrel sikerült megerősíteni. A talált 20–30 perces periódus nem utalhat szaggatott rekonnekcióra (annak periódusa néhány másodperc nagyságrendű), hanem nagy valószínűséggel egy eddig alig detektált esemény, a mágneses ív mentén haladó lassú magnetoakusztikus hullám megnyilvánulása (LUDMÁNY A.).

Észleléseket végeztünk a szoláris Mnl 539.47 nm vonal erősségére vonatkozóan a fotoszférában és egy nagy foltban. A foltbeli vonal erőssége a fáklyabelivel ellentétes változást mutat, ami a vonal erősségének korábban talált ciklusfüggését csökkenti (LUDMÁNY A.).

Befejeztük a Debrecen Photoheliographic Data katalógust 1993-ra. Összehasonlítottuk a SOHO/MDI kvázi-kontinuum-észleléseken mérhető foltterületeket a DPD 1996-os adataival. A MDI képen megmértük a területeket a DPD-hez használt módszerrel, és ezeket összevetettük a JPL-ben kifejlesztett Startool nevű programmal kapott adatokkal (BARANYI T., GYÖRI L.).

A DPD katalógus anyagának statisztikai vizsgálata szerint a napfoltok umbra/penumbra hányadosa kb. féléves fluktuációt mutat. Az eredmény teljesen váratlan, fontosságát az adja, hogy rokonságot sejtet egy sor közepes periódusú jelenséggel. Most először vált lehetővé a DPD katalógus nyolc évi (nagy-részt még nem publikált) numerikus anyagának vizsgálata (LUDMÁNY A.).

A Galaxis szerkezete és kozmogóniája

Ammónia, $C^{18}O$, ^{13}CO és HI adatok alapján meghatároztuk a Lynds 1340 molekulafelhő különböző sűrűségű tartományainak mérete és nemtermikus sebességszórása közötti összefüggést. A kapott reláció szerint a felhőkben keletkező csillagok tömegét és mennyiségét az intersztelláris anyag turbulenciájának energiaspektruma határozza meg. Megállapítottuk, hogy a L1340 ammóniatérképén talált tíz sűrű mag két osztályba sorolható. A nagyobb sebességszórású a csillagkeletkezés egyik kezdőfeltétele azokban a magokban, amelyekben közepes tömegű csillagok csoportjai keletkeznek. A kis sebességszórású, csillagtalan magokban valószínűleg Nap típusú magányos csillagok keletkeznek (KUN M.).

Megvizsgáltuk a galaktikus cirrusz infravörös színindexének, valamint emisszivitásának változását a cirruszfelhőkön belül, ill. felhőről felhőre. A $100\ \mu m/170\ \mu m$ színindexről kiderült, hogy a felületi fényesség egyértelmű függvénye, ami egyezik azzal az elvárással, hogy nagyobb oszlopsűrűség esetén a por hidegebb. Ezekon az alacsonyabb hőmérsékletű helyeken azonban a I_{200}/A_V emisszivitást magasabbnak találtuk a diffúz csillagközi anyagban megszokottnál, ami arra utal, hogy a porszemcsék szerkezete megváltozott. Szintén kimutattuk, hogy a halvány égi területeken a cirrusz emisszió térszerkezete eltér attól, amit eddig az IRAS műhold mérései alapján feltételeztünk (ÁBRAHÁM P., KISS Cs.).

Elkészítettük az ISOPHOT fősorozati csillagokra vonatkozó méréseinek katalógusát. Az eredmények felhasználhatóak lesznek az ISOPHOT távoli infravörös kalibrációjának javítására, valamint a Vega-jelenség vizsgálatára (ÁBRAHÁM P., MOÓR A.).

Összehasonlítva 1983-as és 1997-es adatokat két FU Orionis típusú változócsillag esetében találtunk időbeli változást (halványodást) a közeli és közép-infravörös hullámhosszakon, ám a távoli infravörösben nincs látható változás. Az eredmény arra utal, hogy néhány évtizeddel a kitörés után a csillagkörüli

anyagkorong belső, melegebb területein már a rendszer központi részének a sugárzása a domináns energiaforrás (ÁBRAHÁM P., CSIZMADIA SZ.).

A Leiden/Dwingeloo HI felmérés felhasználásával egy táguló hidrogénhéjat találtunk a Cas OB5 csillagtársulás körül. Multispektrális vizsgálatok alapján meghatároztuk a buborék főbb paramétereit. Modellszámítások alátámasztják, hogy a táguló héjat a Cas OB5 nagy tömegű csillagainak csillagszele, illetve az asszociációban történt szupernóva-robbanások hozták létre (MOÓR A.).

A felsőlégkör szerkezete

Mikroakcelerométeres mérések kiértékelésével azt kaptuk, hogy a semleges légkör magnetoszféra-fűtésének a gyűrűáram-fűtés komponense sokkal meredekebb korotáló áramok esetén, mint koronakitörések esetén (és/vagy ezen fűtés együtthatója változik a naptevékenységgel). A másik eredmény szerint a 350–400 km felett mindig kimutatható sűrűségi hullámok amplitúdója mintegy 30–50%-kal nagyobb a korotáló áramok, mint koronakitörések esetén (ALMÁR I., ILLÉS E.).

Kimutattuk, hogy a geomágneses viharokat követő időszakokban az égbolt Eurázsia-szerte borultabb volt. Ennek az az oka, hogy a napszél mágneses terének irregularitásain szóródó galaktikus kozmikus sugárzás megnöveli az ionizációt, és ez megváltoztatja magas földrajzi szélességeken a légkör vezető-képességét, aminek hatására a közepes és kis szélességeken is megváltozik az áramsűrűség a Föld – ionoszféra áramkörben – beavatkozva a felhőképződés folyamatába (ALMÁR I., ILLÉS E.).

A COSPAR egy új felsőlégköri modell megalkotására készül. Ebből az alkalomból a houstoni űr-világkongresszus (WSC) megfelelő szekciójában összefoglaltuk eddigi idevágó eredményeinket, valamint modelljavítási javaslatainkat, hogy azok bekerülhessenek az új modellbe. (ALMÁR I., ILLÉS E.).

Kisebb témák

Fedési kettőscsillagok: Periódusváltozások vizsgálata céljából észleltük az AB And, EQ Tau, IM Aur, AS Cam, BV Dra, DK Cyg, W UMa csillagok fényességminimumait. Teljes fénygörbét kaptunk az EQ Tau-ról. Elvégeztük a GSC 3822–1056 V, R fénygörbéjének analízisét. Befejeztük a V861 Herculis teljes fénygörbeanalízisét Wilson–Devinney-módszerrel. Ugyancsak elvégeztük az IM Aur és a V502 Oph fénygörbéjének elemzését (CSIZMADIA SZ.).

A Naprendszer kisebb égitestei: A 9P/Tempel 1 üstökös magjának HST megfigyeléseiből megállapítottuk, hogy a mag elnyúlt alakú szferoiddal ($a > b = c$) közelíthető, amelynek fél nagytengelyei mintegy 3.9 és 2.8 km hosszúak. A tengelyforgási periódus legalább 25 óra (TÓTH I.).

A 22P/Kopff HST-vel és ISO-val kapott optikai és infravörös megfigyeléseinek kombinálásából meghatároztuk a mag effektív sugarát (1.67 ± 0.18 km) és albedóját (0.042 ± 0.006). A standard hőmodellel jól leírhatók az infravörös megfigyelések. A 103P/Hartley 2 és a 126P/IRAS-üstökös magját sikerült detektálni az ISOCAM LW10 szélessávú szűrője segítségével. A termális infravörös megfigyelésekhez illesztett standard modell alapján meghatároztuk az üstökös mag effektív rádiuszát. Megfigyeltük a C/1995 O1 (Hale–Bopp) és a Leonida meteorrajjal kapcsolatos a 55P/Tempel–Tuttle-üstököst a HST PC2-vel az optikai tartományban, illetve az ISO ISOCAM segítségével a termális infravörösben, és a mag fényét elkülönítettük az aktív kómától (TÓTH I.).

Az üstökös magok HST-vel kapott színindexein alapuló vizsgálataink szerint folytonos evolúciós átmenet, kapcsolat van a transzneptun objektumok, kentaurok és rövid keringési idejű üstökösök, valamint az üstökös eredetű inaktív aszteroidák között (TÓTH I.).

Meghatároztuk a MUSES–C űrszonda számára elsődlegesként kijelölt (25143) 1998 SF36 jelzésű cél-aszteroida közelítő alakját, forgási periódusát, valamint a forgástengelyének lehetséges térbeli irányát is (TÓTH I.).

Rendszeres asztrometriai és fotometriai észleléseket végeztünk a mátrai Schmidt-teleszkóppal elérhető aszteroidák és üstökösök pályaelemeinek pontosítására (KELEMEN J.).

Planetológia: Mintegy százötven Mars Global Surveyor kép analízisével a téli-tavaszi sötét dűnefoltok évszakos változásának és évenkénti újramejelenésének dinamikáját sikerült kimutatni. Az 1999-es dűnefoltok és 2001-ben feltűnt változataik mintegy 60 százalékban azonos helyen és konfigurációban jelentek meg. A sötét dűnefoltok mérete és alakja, az újrafeltűnés dinamikája minden bizonnyal a helyi meteorológiai viszonyoktól (hőmérséklettől, nyomástól, a lerakódott vízjég mennyiségétől, a szélről stb.) függ (HORVÁTH A.).

Exobolygók: A legkisebb négyzetek módszerén alapuló egyszerű és hatásos algoritmust dolgoztunk ki periodikus bolygófedések kimutatására, amellyel eddig 121 halvány kísérőre utaló fedést fedeztünk fel (KOVÁCS G.).

A KH 15D nevű objektumról fotometriai észleléseket készítettünk a mátrai RCC-teleszkóppal. A feltételezések szerint a csillag körüli porkorong anyageloszlását egy protobolygó befolyásolja (MOÓR A.).

Gammafelvillanások: Tapasztalati összefüggést találtunk a Compton Gamma Ray Observatory által észlelt gammafelvillanások fotometriai sajátosságai és vöröseltolódása között. Az összefüggés segítségével azoknak a kitéréseknek is meg lehet becsülni a vöröseltolódását, amelyekre csak fotometriai adat áll rendelkezésre (BALÁZS L.).

Csillagászat a régészetben: Tiszapolgár Basatanya I. rézkori temetőben a különféle etnikumok – protoeuropid, mediterrán, nordicus – sírjai nap(nyugta) szerinti tájolásukat tekintve elkülönülő csoportokat alkotnak. A

protoeuropidok a nyugati irány körül egy viszonylag szűk sávban helyezkednek el; vezető szerepük, privilegizált helyzetük lehetett (BARLAI K.).

Vizsgáltuk honfoglalás kori sírok tájolását. A szögek eloszlása arra enged következtetni, hogy a sírok irányítását a napkelte, illetve a napnyugta iránya határozta meg. Az ibrány-esbóhalmi temető eloszlási görbéjében található kettős csúcs és a helyi domborzat összefüggése megerősíti ezt a feltételezést (PÓCS M., SZEIDL B., ZSOLDOS E.).

Csillagásztörténet: Sikerült felderíteni Szathmáry Ákos életét. 1882-ben Szathmáry publikálta az első spektroszkópiakönyvet magyarul, benne számos csillagászati vonatkozással (ZSOLDOS E.).

Hazai kapcsolatok

Együttműködtünk a soproni GGKI-vel, az ELTE Gyógypedagógiai Főiskola Foniátriai Tanszékével a diszlexiás gyerekek vizsgálatában, valamint a Budapesti Műszaki Főiskolával a fényszennyezés témakörben az Ipari környezetvédelem c. tárgy keretén belül.

A beszámolási időszakban is részt vettünk az egyetemi oktatásban előadások, gyakorlatok tartásával, valamint szakdolgozati és doktori témák vezetésével. Kutatóink az alábbi előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

Az ELTE-n: Előadás: Általános csillagászat III–V., A csillagkeletkezés alapjai, A csillagpulzáció modellezése, Asztrofizika IV., Asztrofizikai megfigyelési módszerek, Asztrostatisztika I–II., Csillagaktivitás – aktív csillagok I–II., Csillagászat (fizikatanár-továbbképzőn), Csillagászati informatika III., Csillaglégkörök fizikája, Csillagrendszerek dinamikája I–II., Exobolygók, Műszertechnika IV., Obszervációs csillagászat II–III., Planetológia, Szférikus csillagászat történeti alkalmazásai. Gyakorlat: Asztrofizika mérési gyakorlat IV. éves fizikusok számára Piskéztetőn, Bevezetés a csillagászatba I., ill. II. éves csillagászok, Csillagászat gyakorlat II. éves térképészek részére.

A DTE-n: Előadás: Asztrofizika űreszközökkel, Csillagászat.

Az SZTE-n: Előadás: Csillagászati műszertechnika III., ill. IV. éves csillagász hallgatóknak, Galaktikus csillagászat: csillagközi anyag és csillagkeletkezés.

Nemzetközi kapcsolatok

Német–finn–magyar együttműködés az extragalaktikus háttérsugárzás vizsgálatára. Együttműködés az amerikai SIRTf infravörös mesterséges holdra benyújtandó pályázatok közös kidolgozására (MTA CSKI, MPIA Heidelberg, STScI Baltimore, AIP Potsdam). Folyamatos részvétel a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia munkájában. A Space Telescope Science Institute-

tal való együttműködés, nagy sajátmozgású csillagok és asztrometriai mikrolencsék kutatása terén. A Princeton University Observatory-val, automatizált változócsillagászati megfigyelésekben, MACHO-affiliált programban való részvétel. A DPD katalógushoz nemzetközi együttműködések keretében kapunk észleléseket a következő obszervatóriumokból: Kiszlovodszk (Oroszország), Kanzelhöhe (Ausztria), Mount Wilson (USA), Abastumani (Grúzia), Ebro (Spanyolország), Helwan (Egyiptom), Kijev, Lvov (Ukrajna), Kodaikanal (India), Ondrejov, Vassilicke Mezirici (Csehország) és Taskent (Üzbegisztán).

Pályázatok

Hazai: OTKA (13 tematikus, 2 műszerpályázat), Magyar Űrkutatási Iroda. *Nemzetközi:* német–magyar TÉT-együttműködés a heidelbergi Max-Planck-Institute für Astronomie-ban működő ISOPHOT adatközponttal, illetve a potsdami asztrofizikai intézettel, olasz–magyar TÉT-együttműködés, PRODEX együttműködés az ESA-val, Heidelberg–ESA/ESTEC–Budapest együttműködés a galaktikus cirrusz vizsgálatára, COST action 283: Computational and Information Infrastructure in the Astronomical Data Grid, MTA–OTKA–NSF együttműködés a Floridai Egyetemmel, MTA–Izraeli Tudományos Akadémia közötti egyezmény, MTA–JSPS kétoldalú együttműködés, NASA PDS-SBN Small Bodies Node European Subnode működtetése.

Műszaki fejlesztés, számítástechnika

Az év folyamán az intézet számítástechnikai eszközállományába került egy nagy teljesítményű Sun server (SunFire 280R, 2 processzor), illetve egy munkaállomás (SunBlade 1000). Ez utóbbira Sun compiler és IDL szoftver licencket is beszereztünk. Megújult a budapesti lokális számítógépes hálózat: korszerű 100 Mbps-os hálózat épült ki. A budapesti telephely a HUNGARNET-től nagysebességű (Gigabit Ethernet) optikai hálózati kapcsolatot kapott, a Piskéstetői Obszervatórium Internet-kapcsolatának sávszélessége pedig 128 Kbps-ra bővült.

Az intézet személyi állománya

Az előző év végéhez képest az alábbi változások történtek: *Intézetünk állományába került:* Csizmadia Ákos, Forgácsné Dajka Emese, Fűrész Gábor, Mónus Ferencné, Moór Attila (Budapest), Mező György, Sári Attiláné, Sári Kálmán (Debrecen). *Intézetünkől távozott:* Kiss Gabriella (Budapest), Győri Ferenc, Tompa Mihály (Debrecen).

Érdi Bálint

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 2002-ben

Személyi állomány

A Tanszék személyi állománya az előző beszámolási időszakhoz képest nem változott. Tanszékvezető: Érdi Bálint egyetemi tanár. A Tanszék munkatársai: Balázs Béla egyetemi tanár, Petrovay Kristóf egyetemi docens, Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus, Tóth L. Viktor egyetemi adjunktus. Tóth L. Viktor egész évben Heidelbergben, a Max Planck Institutban dolgozott. Helyettesítésére Sándor Zsolt kapott tanársegédként megbízást. Doktorandusz hallgatók: Forgácsné Dajka Emese, Kiss Zoltán, Könyves Vera, Marik Dániel.

Oktatás

A tanszék oktatási tevékenysége az eddigi gyakorlatnak megfelelően folytatódott. Az oktatással kapcsolatos részletes információk a tanszék honlapján¹ érhetők el. A beszámolási időszakban a következő hallgatók tettek csillagászatból záróvizsgát: Birszki Bálint, Bodrog Zoltán, Gabányi Krisztina, Szűcs Imre, Vida László Krisztián, Horváth Viktória, Maczkó Pál, Major Balázs, Nagy Imre, Opitz Andrea.

Kutatás

Szoláris magneto-hidrodinamika

A projekt tagjai: Petrovay Kristóf (témavezető), Forgácsné Dajka Emese, Marik Dániel. Külső munkatársak: Robert von Fáy-Siebenbürgen és Kerekes Andrea (Sheffield). Marik Dániel az időszak közel felét Peregrinatio ösztöndíjjal Sheffieldben töltötte. A *Sheffieldi Egyetemmel* fennálló ERASMUS együttműködésünk keretében 2002-ben Opitz Andrea V. éves hallgató töltött három hónapot Sheffieldben. A következő négyéves periódusra meghosszabbítottuk a Sheffieldi Egyetemmel meglevő együttműködésünket, és új együttműködési szerződést kötöttünk a *Bonni Egyetemmel*.

1. <http://astro.elte.hu/>

FORGÁCSNÉ DAJKA E. és PETROVAY K. új modellt dolgozott ki a Nap torziós oszcillációinak értelmezésére. A modell figyelembe veszi a torziós oszcillációk szélesség- és mélységfüggésére vonatkozó új helioszeizmológiai eredményeket, melyek szerint a rezgések a Nap aránylag sekély, kb. 70 000 km mélységű felszíni rétegére korlátozódnak. Ez az oszcillációk és a napfolttevékenység között mutatkozó szoros fáziskapcsolattal együtt azt sugallja, hogy az oszcillációk keletkezéséért közvetlenül az aktív vidékek felszín alatti mágneses faszerkezetének a differenciális rotációt létrehozó turbulens perdület-transzportra gyakorolt hatása felelős. A modell helyesen reprodukálja a torziós rezgések megfigyelt jellemzőit, bár a kapott oszcillációk amplitúdója némileg kisebb a vártnál.

MARIK D. és R. FAY-SIEBENBÜRGEN érdekes eredményeket ért el a Nap átmeneti rétegében megfigyelhető extrém ultraibolya felvillanások (blinkerek) modellezésében. Feltevésük szerint a blinkerek mágneses átkötődési jelenségek, és modellezésükre egy már létező rekonnexiós kód kissé módosított változatát használták. A kapott eredmények összhangba hozhatók a megfigyelésekkel, ha figyelembe vesszük a műszerek véges felbontásából és érzékenységből adódó torzításokat.

A kutatócsoport szervezte a *Turbulencia, hullámok és instabilitások a szoláris plazmában* című, 50 résztvevős NATO tudományos műhelyt, amelyre 2002. szeptember 16–20. között a Normafa Szállóban került sor. Az elhangzott áttekintő előadásokat a *Kluwer* holland kiadó adja ki.

Égi mechanika

Az égi mechanikai kutatások Érdi Bálint vezetésével folynak. A csoport tagjai: Sándor Zsolt, Süli Áron (külső munkatárs) és Pál András egyetemi hallgató.

A Glasgow-i Egyetem kutatóival (B. STEVES, A. SZÉLL) együttműködve a kaledoniai szimmetrikus négytest-probléma fázisterének topológiai tulajdonságait vizsgáltuk (SÁNDOR Zs., ÉRDI B.). A fázistér egy kritikus paramétertől függően egymástól független tartományokra eshet szét, mely dinamikailag hierarchikus stabilitást eredményez. Globális dinamikai vizsgálati módszerekkel a kritikus paraméter és a tömegarány karakterisztikus értékeire meghatároztuk a fázistér hierarchikusan stabil tartományainak szerkezetét. Az eredmények hierarchikus elrendezésű négyes csillagrendszerekre alkalmazhatók.

A Bécsi Egyetem kutatóival (E. LOHINGER, B. FUNK) együttműködve rezonáns exobolygórendszerek stabilitását vizsgáltuk (ÉRDI B., PÁL A.). A GJ 876 rendszerben a középponti csillag körül két bolygó kering, melyek 2:1 arányú keringési rezonanciában állnak egymással. Kimutattuk, hogy a bolygók nagy tömege és a pályák egymáshoz való közelsége ellenére a rendszer stabil,

mivel mindkét bolygó a rezonancia fázisterének stabil részében helyezkedik el. A rezonanciát azonban kiterjedt kaotikus tartományok határolják. A szintén 2:1-es rezonanciájú HD 82943 rendszer viselkedését kaotikusnak találtuk. Valószínűleg a pálya- vagy tömegadatok nem elég pontosak.

Az égi mechanikai perturbációszámításban fontos szerepet játszó Laplace-eggyütthatók deriváltjainak kiszámítására új, hatékony módszert adtunk (SÜLI Á., ÉRDI B.).

2002. május 13–15. között a Bécsi Egyetem csillagászati intézetében tartottuk meg a 3. osztrák–magyar égi mechanikai konferenciát *Dynamics of Trojans and related topics* címmel.

A csillagközi anyag fizikája és csillagkeletkezés

A kutatásokban Tóth L. Viktor, Kiss Zoltán és Könyves Vera vett részt.

TÓTH L. V. és KISS Z. a Cepheus és Cygnus vidékén felmérte a csillagközi felhők eloszlását egy 400 négyzetfokot meghaladó tartományban. A felhőket az extinkció eloszlása alapján négy csoportba osztották: globulaszerű, elnyúlt, elnyúlt és valószínűleg gerjesztés hatása alatti, és egyéb osztályokra. A csillagkeletkezésre IRAS és ISO színek alapján következtetve kimutatták, hogy a gerjesztett felhőkben gyakoribb a csillagkeletkezés.

KÖNYVES V., KISS Cs. és MOÓR A. befejezték a Naprendszer környéki csillagközi anyag nagyléptékű szerkezetének teljes égholtra kiterjedő felmérését infravörös adatok alapján. A talált 472 hurok- és ívszerű objektum szupernóva- és csillagszélbuborékok vetülete, illetve a csillagközi anyag turbulens mozgásának következménye. A különböző galaktikus negyedbeli hurkok eloszlása jól tükrözi a Tejútrendszer szerkezetét.

2002 májusában az ELTE-n került megrendezésre az *Interaction of stars with their environment II* nemzetközi konferencia, melynek szervezésében a kutatócsoport tagjai tevékenyen részt vettek.

Kozmikus struktúrák fejlődése

A témakörben folyó kutatásokat a Balázs Béla által vezetett *Struktúrafejlődés diffúz asztrofizikai közegekben* című OTKA-projekt fogja össze. A projekt tagjai Petrovay Kristóf, Tóth L. Viktor, valamint a Konkoly Obszervatóriumból Moór Attila és P. Kiss Csaba. A projekt keretében szoláris magnetohidrodinamikai, az infravörös intersztelláris hurkokra, valamint csillagszélbuborékokra és a struktúrafejlődés általános jellemzőire vonatkozó vizsgálatok folytak. (Részletezés a részművezetők beszámolóiban található.)

BALÁZS B. tovább folytatta a struktúrafejlődés általános kozmológiai jelentőségére vonatkozó vizsgálatait. Ez a jelentőség mindenekelőtt onnan ered, hogy a hierarchikus szerveződés útján megvalósuló kiemelkedés univerzális

jelensége következtében a legkezdetlegesebb komponensek fejlett hierarchiái természetes úton képesek akár az ismert legbonyolultabb jelenségeket eredményezni. Az élet eredete és fejlődése a kémiai elemek felépüléséhez (nukleogenezishez) hasonló törvényszerű folyamat, melynek kezdete egyenesen az ősröbbsorban bekövetkezett szimmetria-sérülésre vezethető vissza.

Flercsillagok vizsgálata

E témakörrel SZÉCSÉNYI-NAGY GÁBOR foglalkozik. Korábbi vizsgálatait azt mutatták, hogy a Tejútrendszer eltérő fejlettségi fokú alrendszereiben, illetve a különböző korú nyílthalmazokban eltérés mutatkozik az optikai csillagászat módszereivel felfedezett flercsillagok gyakorisága és az adott területen röntgentávcsövek segítségével kimutatott integrált sugárzásintenzitás, illetve a megállapított röntgenforrásszám között. Ezen eredmény további ellenőrzésére vizsgálatait kiterjesztette az elektronikusan elérhető csillagászati adatbázisok valamennyi, ezen égitestekre vonatkozó információjára. Mivel a publikált adatok egy része egymással nehezen hozható összhangba, megszilárdult az a korábbi munkahipotézise, miszerint időszerű, indokolt és szükséges az általában csak flercsillagoknak vagy (fler)aktív vörös törpecsillagoknak nevezett változócsillag-típus újradefiniálása, illetve klasszifikációjának finomítása.

Az elmúlt esztendőben a témafelelős kísérletet tett egy új, a források több asztrofizikai paraméterét egyaránt figyelembe vevő osztályozási rendszer megalkotására. A Taurus régióban azonosított flercsillagokat újraklasszifikálta, három alapvető osztály (klasszikus flercsillagok, csekély aktivitású flercsillagok, rendkívül kis aktivitást mutató vörös törpecsillagok) megkülönböztetésével.

A Naprendszer kisebb égitestjei

Az 1930 – 1940-es években az akkori Svábhegyi Obszervatórium 60 cm-es Newton-reflektorával több ezer asztrometriai célú fotografikus felvétel készült. Az igen értékes megfigyelési anyagot több mint két évtizede az ELTE Csillagászati Tanszéke őrzi. Az elmúlt évben egyetemi hallgatók bevonásával megtörtént a fotolemezek archiválása és digitalizálása. Szécsényi-Nagy G. kezdeményezte, hogy a fotolemez-gyűjtemény bekerüljön az IAU által is kiemeltedően védettnek tartott asztrofotográfiai archívumok körébe.

Egyéb tevékenység

A Csillagászati Tanszék szervezésében (Forgácsné Dajka E., Sándor Zs., Süli Á.) 2002 januárjában második alkalommal került sor a fiatal csillagászkutatók találkozójára (az első 2000 novemberében volt). Mindkét konferencia anyaga a Tanszék kiadványaként, önálló kötetben jelent meg.

Szatmáry Károly–Kiss László

A Szegedi Csillagvizsgáló tevékenysége 2001–2002-ben

A Szegedi Tudományegyetem (SZTE) Természettudományi Karán a csillagász szak továbbra is népszerű, sokan jelentkeznek rá. A felvételi keretszám 15 fő.

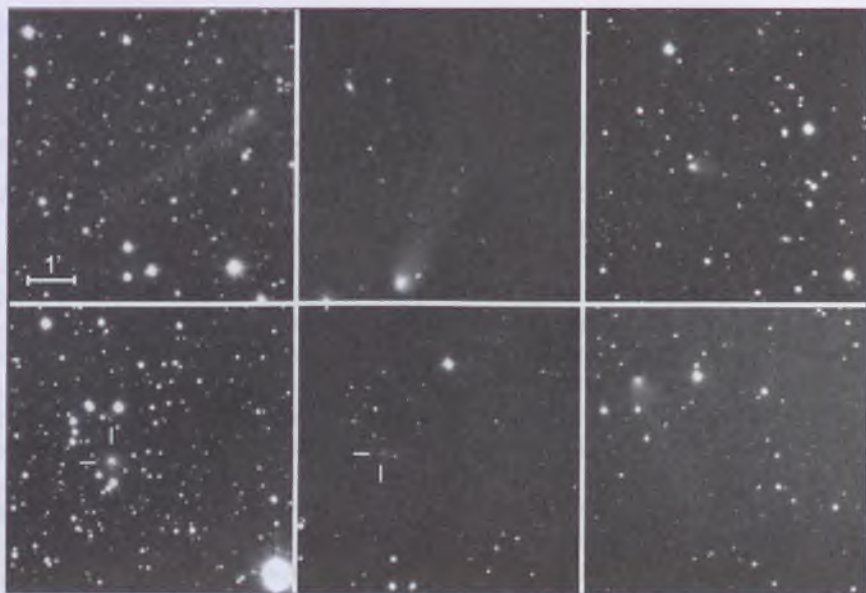
A SZTE Szegedi Csillagvizsgáló jelenlegi munkatársai: dr. Satmáry Károly egyetemi docens, dr. Vinkó József egyetemi docens, dr. Kiss László egyetemi adjunktus, dr. Gergely Árpád László tudományos főmunkatárs, Balog Zoltán, Csák Balázs, Fűrész Gábor, Szabó Gyula és Sziládi Katalin doktori (PhD) ösztöndíjasok, Mészáros Szabolcs, Székely Péter, Váradi Mihály csillagász hallgatók, demonstrátorok. Satmáry 2002-ben habilitált, Kiss 2002 végétől Ausztráliában dolgozik.

Műszerfejlesztés

Befejeztük a 40 cm-es Cassegrain-távcsövünk teljes felújítását, automatizált, számítógéppel vezérelt műszerré alakítását. Beszereztünk és telepítettünk egy SBIG gyártmányú ST–7 CCD-kamerát, szűrőváltóval, benne Johnson B, V, R, I szűrőkkel. Fűrész Gábor egy könnyű spektrográfot tervezett és készített csillagok színképeinek elemzéséhez, mellyel a próbamérések a közelmúltban kezdődtek.

Tudományos eredmények

Fő kutatási területünk továbbra is a pulzáló és fedési változócsillagok vizsgálata, de sokat foglalkoztunk üstökösökkel, kisholygókkal, nóvákcal, szupernóvákcal és csillaghalmozokkal is. Gravitációelméleti elemzéseket végeztünk a kompakt kettőscsillagok gravitációs sugárzása és a kozmológia területén. Kutatásainkhoz elsősorban a megfigyelő csillagászat eszközeit használtuk. A fotometriai, spektroszkópiái és asztrometriai méréseket a következő intézetekben végeztük: Magyarországon (Szeged, MTA KTM Csillagászati Kutatóintézete Piskéztetői Obszervatórium), Kanadában (David Dunlap Observatory), az USA-ban (Fred L. Whipple Observatory, MMT), Spanyolországban (Calar



7.4. ábra. Nagy naptávolságban is aktív üstökösök a Calar Alto-i 1.23 m-es távcsővel

Alto, Sierra Nevada) és Olaszországban (Asiago). Eredményeinket több rangos nemzetközi konferencián is bemutattuk (Leuven, Brno, Edmonton, Noordwijk, Garching, Visnjan, La Serena, Porto, Bourbon Lancy).

2001–2002-ben 37 angol nyelvű publikációnk jelent meg. Nemzetközi referált folyóiratban 19, konferenciakiadványban 10, egyéb nemzetközi kiadványban (IBVS) 4, körlevelekben 4. Magyarul 47 cikket közöltünk, ebből 23-at a Meteor havi folyóiratban. A cikkek listája, a kutatási és oktatási tevékenységünk számos részlete megtalálható a honlapunkon¹.

Kisbolygók, üstökösök

Johnson-féle BVR fotometriai méréseket végeztünk távoli (a Jupiter pályáján túli) üstökösökről. A kalibrált abszolút fotometriai adatokból megbecsültük az üstökösök méretét. Néhány órás mérési sorozatokból pedig a magok forgási állapotára próbáltunk következtetni. Egyetlen üstökösnél tapasztaltunk kváziperiodikus fényváltozást, ám annak időskálája kizárja a forgási eredetet.

1. <http://astro.u-szeged.hu>

CCD-fotometriai adatokat vettünk fel kilenc földközeli kisbolygóról, a szegedi, a piszkéstetői és a Calar Alto-i műszerekkel. Több esetben meg tudtuk határozni a kisbolygók legfontosabb fényváltozási paramétereit, melyekkel a forgási állapotot tudtuk jellemezni.

2001 nyarán elkezdődött a főövbeli fényesebb kisbolygók fotometriai felmérése. Ezek során igyekeztünk minél több objektumról időbeli sorozatfelvételeket készíteni. A vizsgálatok elsődleges célja a kisbolygók forgásból származó fényváltozásának kimutatása volt, különös figyelemmel az esetleges kettősségből származó fényváltozásra. Az elmúlt két évben 11 aszteroida fénygörbéjét vettük föl, ezek közül kettő lehet kettős.

Ugyanezen a nyáron 5 üstökösről végeztünk spektrofotometriai méréseket közepes és keskeny sávú fotometriai rendszerekben a Calar Alto-i Német–Spanyol Observatóriumból (7.4. ábra). A megfigyelésekkel következtetni tudtunk az égitestek aktivitására, valamint térben, a kómán belül el tudtuk különíteni a gáz- és porkomponenseket. Számszerűen megadtuk a legfontosabb összetevők felszabadulási sebességét.

Pulzáló vörös óriás változócsillagok

A Bécsi Egyetem Asztrofizikai Intézetével együttműködve összehasonlítottuk több félszabályos változócsillag egyidejű vizuális és fotoelektromos adatokon alapuló fénygörbéjét (az utóbbi mérések az arizonai Fairborn Observatory 75 cm-es, automata, fotoelektromos távcsövével készültek, 1996–2001 között). Az átlagolt és zajszürt vizuális adatokkal a $0^m.1$ nagyságú ingadozásokat is megbízhatóan lehet detektálni, ám az ennél kisebb változásokat (melyek egyértelműen látszanak a fotoelektromos görbéken) már nem. Ugyanakkor a megszakításoktól mentes vizuális görbék szerepe kiemelkedő fontosságú a periódusok meghatározásában: a pontosabb, de nem folyamatos arizonai adatsor túl rövid a hamis periódusok kiszűréséhez.

Hasonló eredményekre jutottunk néhány mira típusú változócsillag szimultán vizuális és V-szűrős CCD-méréseinek összehasonlításában. Ehhez a Cseh Csillagászati Egyesület Meduza Csoportjától kaptunk adatokat. Eredményeink szerint a mira csillagok periódusváltozása jól tanulmányozható a vizuális görbékből meghatározott maximum-időpontok segítségével is. Alapvető következtetésünk, hogy a gondosan kezelt amatőr észlelések fontos összetevői lehetnek bizonyos tudományos kutatásoknak.

Összegyűjtöttük az átlagosan 430 nap ciklushosszú, mira típusú R Cygni 100 év időtartamú vizuális adatsorát, majd a lineáris és nemlineáris idősoranalízis módszereivel részletesen megvizsgáltuk a fényváltozást. Megmutattuk, hogy a fénygörbe viselkedése nem írható le sem hosszú időskálájú fejlődéssel, sem pedig független rezgési módusok lineáris szuperpozíciójával. A fénygör-

be bizonyos szakaszokon perióduskétszereződéseket mutat, amit a kaotikus csillagpulzáció egyik jeleként értelmeztünk. A fázistér-rekonstrukciós eljárásokkal elsőként mutattunk ki alacsony dimenziójú káoszt egy mira-csillag pulzációjában.

Megvizsgáltuk a radiálisan pulzáló változócsillagokra érvényes periódus–gravitáció reláció kiterjesztését félszabályos vörös változókra. Félszabályos csillagokra összegyűjtöttük az összes pontos tömeg- és sugáradatot, illetve részben saját, részben irodalmi adatokból a periódusaikat. Eredményeink szerint a legtöbb csillag jól követi a klasszikus reláció rájuk vonatkozó kiterjesztését, ugyanakkor a csillagok jelentős hányada szisztematikusan eltér. Az eltérések jellege azt sugallja, hogy ha azok is radiálisan pulzálnak, magasabb módusban végzik rezgésüket, mint a többi csillag. Az eredmények pontos értelmezése még további kutatást igényel.

Nagy felbontású optikai spektroszkópia segítségével megvizsgáltuk a 89 Herculis csillagot körülvevő anyagfelhőt. A David Dunlap Obszervatóriumban felvett echelle spektrumok lehetővé tették a csillag körüli anyagfelhőben létrejött abszorpciós vonalak elkülönítését. A sebességeloszlás alapján legalább két héj különböztethető meg, melyek 80 és 140 km/s sebességgel távolulnak. A csillag kettősségére vonatkozó irodalmi adatok valószínűleg korrekciókra szorulnak, mivel a torz vonalprofilok igen nehézzé teszik a radiális sebesség mérését.

90 évet átfogó folyamatos vizuális fénygörbe alapján meghatároztuk a T Ursae Minoris mira típusú változócsillag periódus- és fénygörbeváltozásainak legfontosabb jellemzőit. A csillag pulzációs periódusa bő két évtizede folyamatosan csökken, ami jól értelmezhető a héliumhéj-fellobbanás modelljével. Jelenleg 3.8 nap/év sebességgel csökken a periódus, ami a pulzáló változócsillagok között egyedülállóan nagy érték. Elméleti modellszámításokkal összehasonlítva a T UMi magjának tömege $0.8 M_{\odot}$ körüli, luminozitása pedig $16\,000 L_{\odot}$. Fizikai paraméterei az első felhangban történő pulzációt sugallják. A fénygörbe alakja korrelált változásokat mutatott a periódusváltozással, amit a rezgés nemlineáris jellege okoz. Becsléseink szerint a T UMi perióduscsökkenése a viszonylag közeli jövőben (5–30 év) leáll. A héliumhéj-fellobbanási modell végső igazolása az ezután bekövetkező, hasonlóan gyors periódusnövekedés lehet. Amennyiben ez elmarad, akkor a T UMi olyan rezgési állapotváltozáson megy éppen keresztül, amelyre vonatkozóan nincsenek jó elméleti magyarázatok.

Pulzáló változók az instabilitási sávban

Többszín-fotometriai és spektroszkópai méréseket végeztünk a több módusban pulzáló V784 Cas δ Scuti típusú változóra. A fény- és színgörbék frek-

venciaanalízisével behatároltuk a talált hat gerjesztett módus jellemző paramétereit. Eredményeink szerint a V784 Cas fényváltozásait több alacsonyrendű radiális és nemradiális módus viszonylag egyszerű keveréke okozza.

2000–2002 során elvégeztük az északi ég V-ben 11^m -nál fényesebb, nagy amplitúdójú δ Scuti csillagainak CCD-fotometriai felmérését. A szegedi és piszkéstetői megfigyelések mellett a Sierra Nevada-i Observatóriumban több csillagról fotoelektromos uvby adatokat is felvettünk. A fő cél a programcsillagok periódusváltozásának vizsgálata a legújabb mérésekkel kiegészített évtizedes O–C-diagramok alapján. A BE Lyncis korábban feltételezett kettősségét az új mérések nagy valószínűséggel kizárják. Pontosítottuk az SZ Lyncis fényidő-effektusára ráépülő egyenletes periódusnövekedés paramétereit. A legtöbb csillag esetében jó egyezést találtunk a csillagfejlődési effektusokból eredő periódusváltozásokkal, azaz a programcsillagok többsége kimutatható evolúciós változásokon ment keresztül a mérésekkel lefedett időszakban (a 20. sz. második fele). A V567 Ophiuchi esetében elsőként mutattuk ki egyértelműen a fénygörbe többszörös periodicitását, amit radiális és nemradiális pulzációs módusok egyidejű gerjesztettségével magyaráztunk.

Befejeztük az északi ég közepes fényességű cefeida változócsillagainak Strömgren-fotometriáját, amit 1998 és 2001 között végeztünk a Sierra Nevada Observatórium műszereivel. Meghatároztuk 25 csillag legfontosabb fizikai paramétereit a felületifényesség-módszer közepes sáv szélességű változatával. A halmaztag csillagok így számított távolságai jó egyezést mutattak a halmazok fősorozat-illesztésével kapott adatokkal. Egy kivételt találtunk, ahol a különbség oka az lehet, hogy egy fényes kék kísérő csillag módosítja a főkomponens színindexeit. Frissítettük a vizsgált csillagok évtizedes periódusváltozásaira vonatkozó eredményeket. A változások részben kettősséggel, részben csillagfejlődési hatásokkal magyarázhatók.

Kettőscsillagok

Az NGC 2841 galaxisban lévő 1999by Ia típusú szupernóva fotometriai és spektroszkópiai megfigyeléséből kimutattuk, hogy rendkívül kis luminozitású. Többféle színszűrővel készült fénygörbéjére MLCS módszerrel modellt illesztve meghatároztuk az abszolút fényességét és a távolságát. Kisbolygó-fotometriai célú CCD-s felvételsorozatokon felfedeztünk két új érintkező kettőscsillagot. Többszín-fotometriai utómérésekkel megadtuk fényváltozásuk legfontosabb paramétereit.

Nyomon követtük az OW Gem hosszú periódusú, Algol típusú fedési kettős 2002-es főminimumát. A felvett BVRI-fotometriai adatokkal jellemeztük a rendszer I–II luminozitási osztályú komponenseit.

Kis és közepes felbontású színeképekkel meghatároztuk a V2275 Cygni gyorsuló kitörésének legfontosabb jellemzőit. A hidrogén Balmer-sorozatának vonalai alapján a ledobódás sebessége 2100 km/s . A csillagközi anyag okozta vörösödés becsült értéke $E_{B-V} = 1^m \pm 0^m1$. Statisztikus módszerekkel kapott eredményeink szerint a nóva maximális vizuális abszolút fényessége $-9^m7 \pm 0^m7$ volt, amit összevetve a maximális látszó fényességgel és a becsült interstelláris extinkcióval a rendszer távolsága 5^{+3}_{-2} kpc. Új VRI-szűrős méréseket végeztünk két kontakt kettőscsillagról (SW Lac, AB And). Az SW Lac periódusa az utóbbi évtizedekben egyenletesen csökkent, amit tömegátadási folyamatokkal lehet magyarázni. A fénygörbék torzulásaiból mindkét csillag esetében foltaktivitásra lehetett következtetni. Az SW Lac közelében felfedeztük a GSC 3215 – 0906 lassú fényváltozásait.

Nagy pontosságú Strömgren-fotometriai méréseket végeztünk az AI Draconis Algol típusú fedési kettőscsillagról. Célunk a rövid periódusú csillag 2002 tavaszán bejelentett gyors oszcillációinak kimérése volt, melyet a feltételezések szerint az egyik komponens pulzációja okozhat. A nyolc éjszakán folytatott mérések kizárták a bejelentett, viszonylag nagy amplitúdójú oszcillációk létét. Fénygörbe-modellezéssel meghatároztuk az AI Dra két komponensének fizikai paramétereit.

Csillaghalmazok

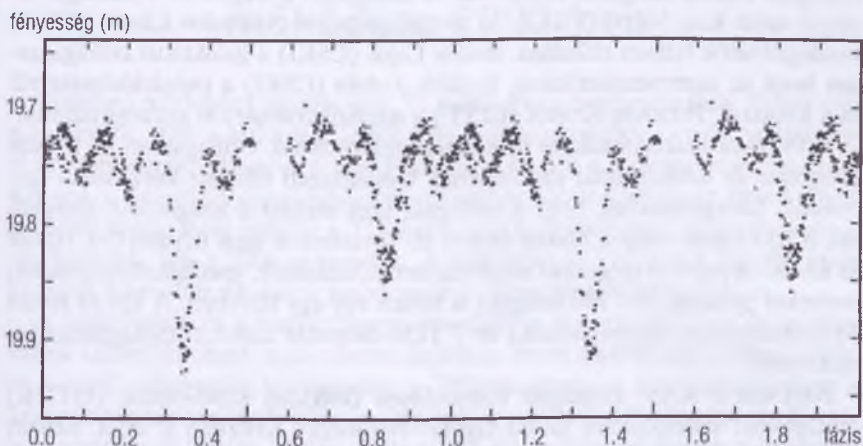
Az M37 nyílthalmaz BVR fotometriai mérései alapján 7 új változócsillagot fedeztünk fel, melyek közül öt biztosan nem tagja a halmaznak (előtér-, illetve háttércsillagok). A felvett szín–fényesség-diagram izokron-illesztésével meghatároztuk a halmaz vörösödését, korát és távolságát.

Az USA-ban végzett méréseink alapján infravörös (JHK) fotometria segítségével kimutattunk egy eddig ismeretlen, fiatal csillagokból álló halmazt az NGC 7538 jelű emissziós hidrogénfelhőben. Az NGC 6871 nyílthalmaz csillagainak színeképelemzése során 37 $H\alpha$ emissziót mutató csillagot találtunk. Kidolgoztunk egy automatizált színeképosztályozási eljárást, amely az abszorpciós színeképvonalak tulajdonságain alapul.

2001 nyarán BVRI méréseket végeztünk az M56 gömbhalmazról a Sierra Nevada-i Obszervatóriumból. A cél a halmaz többszín-fotometriája mellett új változócsillagok felfedezése ebben a gyengén vizsgált halmazban. 2002 júliusában nyolc éjszaka végeztünk megfigyeléseket, a nagy mennyiségű adat feldolgozása még tart.

CCD-fotometriai méréseket készítettünk az NGC 2126 jelű nyílthalmazról. Az összesen 57 órányi adatsor alapján (BVRI-mérések Piszkéstetőn) hat új változócsillagot fedeztünk fel a halmaz irányában. A fénygörbék alakja, illetve a színmérések alapján osztályoztuk a változókat; a legérdekesebb egy fe-

dési kettőscsillag (a V6 jelű változó, melynek egyik komponense viszonylag nagy amplitúdójú oszcillációkat mutat 7.5. ábra). Amennyiben halmaztag, ez a legelső ismert halmazbeli fedési kettőscsillag, amelynek egyik tagja pulzáló változó. Két csillag δ Scuti típusú pulzáló, egy Algol típusú fedési kettős, két csillag pedig bizonytalan besorolású. Izokron-illesztéssel megbecsültük a halmaz legfontosabb paramétereit (vörösödés, távolság, kor).



7.5. ábra. A V6 fedési kettőscsillag fénygörbéjén a fedési minimumok mellett egy kisebb amplitúdójú változás is látható, amit az egyik csillag pulzációja okozhat

Gravitációelmélet

Az általános relativitáselmélet szerint a szoros kettős rendszerek tagjai a gravitációs sugárzási visszahatás következtében közelednek egymáshoz. A LIGO, a VIRGO és a LISA által észlelendő gravitációs sugárzás értelmezéséhez kapcsolódóan meghatároztuk a kompakt égitestek kvadrupólmomentumainak járulékát a gravitációs sugárzás által okozott pályaelem-változásokban. Az Einstein-egyenletek fizikailag érdekes egzakt megoldásainak jelentős része Kerr–Schild típusú. Ennek a megoldáscsaládnak figyelemre méltó sajátossága, hogy a vákuumbeli Einstein-egyenletek lineáris közelítése egyben egzakt is. Ezt az eredményt általánosítottuk, meghatározva azon anyagformákat, melyek megőrzik a Kerr–Schild téridőkre vonatkozó Einstein-egyenletek lineáris jellegét.

A Randall–Sundrum II-típusú kozmológiai modellek keretén belül általánosított Einstein-univerzumot találtunk. Ezzel egy fontos unicitás-tételre találtunk ellenpéldát, melynek értelmében a Friedmann-szimmetriájú brane-t tartalmazó téridő Schwarzschild–anti de Sitter jellegű lenne. A tétel azért sé-

rül, mert bizonyításában egy olyan függvényt választanak koordinátának, mely sztatikus esetben állandó.

Oktatás, ismeretterjesztés

A 2001/2002. tanévben hét I. éves, tíz II. éves, négy III. éves és hét V. éves csillagász szakos hallgatót oktattunk. A csillagközi anyagról és a csillagfejlődésről szólt Kun Mária (CSKI), az űrcsillagászatról Szabados László (CSKI) vendégoktatók féléves előadása. Balázs Lajos (CSKI) a galaktikus csillagászatban belül az asztrostatisztikáról, Kolláth Zoltán (CSKI) a pulzációelméletről és a káoszról, Petrovay Kristóf (ELTE) a napfizikáról tartott kurzust nálunk.

A IV. éves fizikusoknak és fizikatanár szakosoknak Csillagászat, az I. éves geográfus és földrajztanár szakosoknak Csillagászati földrajz kurzusokat tartottunk. Szorgalmazzuk, hogy a csillagász szak mellett a hallgatóink elvégezzék a fizikatanár vagy a fizikus szakot is. Továbbra is igen népszerűek voltak az általános művelő tárgyként meghirdetett előadásaink, speciálkollégiumaink, melyeket gyakran 50–100 hallgató is felvett egy-egy félévben. A két év során 10 szakdolgozat, diplomamunka és 7 TDK-dolgozat született csillagászati témakörben.

2001-ben a XXV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) csillagászati szekciójában Szabó Gyula–Sárneckzy Krisztián I. díjat, Sziládi Katalin–Szabó Gyula II. díjat, Csák Balázs dicséretet kapott. A tantárgypedagógiai szekcióban Fűrész Gábor III. díjat, Jurkovity Mónika dicséretet kapott. Bebesi Zsófia, Derekas Aliz, Gáspár András, Gögh Noémi, Keresztes Zoltán, Mészáros Szabolcs és Székely Péter dolgozata sikeresen részt vett a kari TDK-konferencián. 2002-ben csillagász oklevelet szerzett Csák Balázs, Derekas Aliz, Fűrész Gábor, Szabó Gyula és Sziládi Katalin.

Internetes honlapunk igen sok magyar nyelvű csillagászati és űrkutatási anyagot tartalmaz, folyamatosan fejlesztjük. Ily módon igyekszünk bemutatni tevékenységünket, illetve segíteni a hazai oktatást és tudománynépszerűsítést.

A Szegedi Csillagvizsgálóban keddenként az MCSE helyi csoportja tartotta foglalkozásait. A hagyományos őszi találkozóinkon az ország sok részéről mintegy 50 amatőrcsillagász vett részt. A csoport vezetését Kiss László külföldi útja miatt Mészáros Szabolcs és Székely Péter vette át. A péntek esti bemutatásaink során évente kb. 5000 látogatónk volt.

Horváth András

A TIT Budapesti Planetárium működése 2002-ben

Pénzügyi mérlegünk pozitív volt. 71 millió Ft-os összbevételünk 70%-a volt a belépődíj, 10% a különféle cégek helyiséghasználatából és saját vállalkozási tevékenységből (könyvárusítás, büfé stb.), 4–4% a CompuDrug Standard Kft.-vel, a Lézerszínházzal folytatott együttműködésünkből és az állami támogatásból eredt, mely utóbbit a TIT Szövetség közgyűlésének határozata alapján kaptunk, 8% a 2001-es tartalék. A budapesti V. kerulettől 300 000 Ft-ot kaptunk a kerületi iskolások kedvezményes planetáriumlátogatásához.

A körfolyosót és a kupolatermet szerződéses alapon 2002-ben is igénybe vették különféle cégek saját rendezvényeikre. Ezen alkalmi szerződések, illetve a saját vállalkozási tevékenység, a TIT-támogatás, a CompuDruggal és a Lézerszínházzal kialakult költségmegosztás jóvoltából 2002-ben az egy látogatóra vonatkozó átlagos kiadás mintegy 685 Ft os összege helyett a belépőjegyet 550, illetve 600 Ft-ért tudtuk adni. Sikerült földgáztüzelésre átállítani az intézmény negyedszázados, elavult olajtüzelését.

Érdekes Mars-kutatási eredményeinket hét nemzetközi tudományos tanácskozáson mutattuk be.

Új műsorok, látogatottság, kiállítások

Gesztesi Albert elkészítette a *Leszállás a Marsra* című műsort, amely a korábbi, sikeres *Utazzunk a Marsra* folytatása. Az új gyermekműsorban a keretjárték hősei a Marshoz érkeznek, bolygó körüli pályára állnak és innen figyelik meg érdekes felszíni alakzatait, majd leszállnak a felszínre és meglátogatják a jövőbeni Mars-bázist.

2002-ben 1215 iskolai és nagyközönségi előadásunkon 89 677 fő vett részt, ez 74 fős átlag műsoronként.

A TIT Budapesti Planetárium megnyitásának 25. évfordulóján Gy. Németh Erzsébet budapesti önkormányzati képviselő, frakcióvezető meglátogatta az intézményt, és ígéretet tett a gondok (működési pénzkeretek szűkössége, új csillagvetítő beszerzése stb.) enyhítésében való jövőbeni aktív részvételre. A negyedszázados évforduló tiszteletére új, színes planetáriumi műsor-

füzetet indítottunk, valamint megújítottuk internetes honlapunkat¹ amelynek angol nyelvű változata is elkészült. 25 éves tevékenységük elismeréseképpen Hajtő Józsefné igazgatóhelyettes, Mátis András szakelőadó és Varga László karbantartó munkatársunk Kiváló Társulati Munkáért TIT kitüntetésben részesült.

Könyvtárunk 3 idegen és 8 magyar nyelvű könyvet, 10 külföldi és 10 magyar folyóirat számait szerezte be. Körfolyosónkon február-márciusban Simon M. Veronika festményeit, nyáron Mészáros János természet- és állatfotóit állítottuk ki.

Műszaki fejlesztés

A 2002-es műszaki fejlesztés során számítástechnikai berendezéseket, digitális fényképezőgépet, DVD-lejátszót és a kupola hangrendszeréhez erősítőt szerezünk be összesen 1.3 millió Ft értékben. Az éves műszerkarbantartást szeptember első felében végeztük.

Egyéb tevékenység

Horváth András igazgató 2002-ben is részt vett a TIT Szövetség közgyűléseinek, igazgatói munkaértekezleteinek, a Magyar Űrkutatási Tanácsnak, a Magyar Asztronautikai Társaságnak, a Magyar Természettudományi Társaság Csillagászati és Űrkutatási szakosztályának, valamint az MTA Csillagászati Kutatóintézetének tevékenységében és az Aeromagazin folyóirat űrrepülési rovatának szerkesztésében. Újabb Mars-kutatási eredményeink bemutatása céljából részt vett a houstoni planetológiai konferencián, a nice-i 27. EGS kongresszus bolygó kutatási szimpóziiumain, a tokiói (NIPR) 27. antarktiszi meteoritkutatási szimpóziiumon, a moszkvai 36. Vernadskij/Brown összehasonlító planetológiai mikroszimpóziiumon, a madridi Asztrobiológiai Intézetben folytatott együttműködési megbeszéléseken, valamint a MANT által rendezett tihanyi 23. Ionoszféra – Magnetoszféra Szemináriumon.

Mátis András csillagászati szakelőadó, a planetáriumi közönségkapcsolat felelőse továbbra is részt vett az MCSE munkájában. Szmutku Antal műszaki dolgozó főiskolai diplomát szerzett. Horváth, Gesztesi és Mátis az újságokban, rádiókban, televíziókban és külső előadásokon is folytatott csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztést.

Kutatási eredmények

Horváth András, Szathmáry Eörs és Bérczi Szaniszló (ELTE) nemzetközi tudományos tanácskozásokon ismertette a Mars déli sarkvidékén megfigyelt téli-tavaszi sötét dűnefoltok (DDS) morfológiai analízisével elért eredményeinket. A munkákban – amelyekben Gánti Tibor biológus és Gesztesi Albert is részt vett – a Mars Global Surveyor (MGS) több mint 300 nagyfelbontású képének részletes tanulmányozása alapján a dűnefoltok kiváltó okaként kidolgoztunk egy lehetséges biológiai modellt a feltételezett marsfelszíni organizmusok (MSO) tevékenységére (DDS – MSO hipotézis).

Az MGS lézeres magasságprofiljainak felhasználásával becslést adtunk a sötét dűnedombok vastagságára (10–200 méter). Megállapítottuk, hogy a foltosodás a 0,2–1 méter vastag friss CO₂ jégtakaró alján, a sötét dűnedombok felszínén kezdődik. A dűnefoltok lapos kráterszerű sötét lyukak, szürke halóval övezve. Az Inca City-nek nevezett területen ($\phi = 81^{\circ}5'$, $\lambda = 64^{\circ}7'$) mintegy 60 kis- és nagylátószögű felvétel feldolgozásával leírtuk a foltosodási folyamat időbeli változását tavasz kezdetétől nyár második feléig és az éves újrafeltűnést is.

A 1998–2001-ben készült MGS-felvételek részletes alaktani vizsgálata és az MSO – DDS hipotézis alapján készült, 43 oldalas, átfogó cikkünket 2003-ban megjelentette az *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* biológiai folyóirat.

Összhangban 2001-ben publikált feltételezésünkkel a Mars Odyssey űrszonda amerikai és orosz neutron-műszerének 2002. február–áprilisi mérései alapján, a Mars déli pólusánál, a talaj felső 2 m-es rétegében több mint 40 térfogatszázalék vízjeget határoztak meg. Ez a terület egybeesik az általunk vizsgált sok ezer dűnefolt előfordulási helyével. 2002-ben az MGS űrszonda újabb százötven, nagy felbontású képén tanulmányoztuk a foltosodási folyamat évenkénti újramegjelenését. A foltok újrafeltűnésének és a sötét dűnével borított poláris területek színképi tulajdonságainak felderítésével kívánjuk folytatni a marsi sötét dűnefoltok természetének kutatását nemzetközi együttműködés keretében. Eredményeinkről 2002 folyamán 12 előadásban és poszteren számoltunk be nemzetközi konferenciákon.

Szerzőink

ALMÁR IVÁN, a fizikai tudomány doktora, tudományos tanácsadó, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

ÁBRAHÁM PÉTER, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete

BABCSÁN GÁBOR, térképész.

BALÁZS LAJOS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

BARCZA SZABOLCS, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

CSIZMADIA SZILÁRD, tudományos munkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

ÉRDI BÁLINT, az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE Csillagászati Tanszék.

FREY SÁNDOR, PhD, vezető tanácsos, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Koszmikus Geodéziai Observatórium.

HORVÁTH ANDRÁS, a fizikai tudomány kandidátusa, igazgató, TIT Budapesti Planetárium; tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

ILLÉS ERZSÉBET, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

KISS LÁSZLÓ, PhD, posztdoktori ösztöndíjas, School of Physics, University of Sydney, Ausztrália.

KISS CSABA, PhD, tudományos munkatárs, Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg, Németország.

KÖVÁRI ZSOLT, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete, a Collegium Budapest ösztöndíjasa.

KUN MÁRIA, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

MIZSER ATTILA, a Magyar Csillagászati Egyesület főtítkára.

PARAGI ZSOLT, PhD, vezető tanácsos, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Koszmikus Geodéziai Observatórium.

PATKÓS LÁSZLÓ, a fizikai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs, MTA Csillagászati Kutatóintézete.

PETROVAY KRISTÓF, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, ELTE Csillagászati Tanszék.

SÁRNECZKY KRISZTIÁN, a Szegedi Csillagvizsgáló munkatársa.

SZATMÁRY KÁROLY, a fizikai tudomány kandidátusa, egyetemi docens, SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék.

Polaris Csillagvizsgáló

Bemutató csillagvizsgáló Óbudán

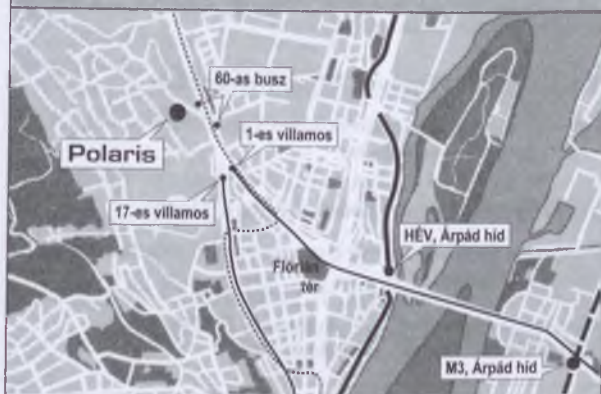
- *Távcsöves bemutatás* kedden, csütörtökön és szombaton, sötétedéstől 22.30-ig.
A részvétel felnőttek számára 400 Ft, diákoknak és nyugdíjasoknak 250 Ft.
Iskolai csoportokat előzetes egyeztetés alapján más időpontban is fogadunk.
- *Csillagászati előadás-sorozatok* ősszel és tavasszal, kedd esténként.
- *Csillagászati szakkör* a középiskolás korosztály számára csütörtökön.
- *Könyvek és egyéb kiadványok vásárolhatók* a Polaris-boltban
a távcsöves bemutatások ideje alatt.
- *A Magyar Csillagászati Egyesület ügyelete* minden kedden 18 órától.
Várjuk a csillagászati megfigyelések és a távcsőépítés iránt érdeklődőket!

Magyar Csillagászati Egyesület – ÓMK Barátság Szabadidő Park

A Polaris Csillagvizsgáló címe: 1037 Budapest, Laborc u. 2/c.

Telefon: (1) 279 0429, (70) 548 9124; e-mail: polaris@mcse.hu;

honlap, részletes programmal: polaris.mcse.hu



A Magyar Csillagászati Egyesület tájékoztatója

Egyesületünk várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványokkal, rendezvényekkel, tanácsokkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhessenek, távcsöveket építhessenek és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel.

Meteor – a Magyar Csillagászati Egyesület lapja

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, az egyesület programjairól. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez. Kérjen ingyenes mutatóvényművet!

Csillagászati évkönyv

Egyesületünk adja ki a *Meteor csillagászati évkönyvet*, melynek kötetait az amatőr és szakcsillagászok mellett haszonnal forgathatják a kezdő érdeklődők, az ismeretterjesztők, a szakkör- és klubvezetők, valamint a pedagógusok is. Az évkönyvek táblázatos része az aktuális év csillagászati jelenségeiről, az égitestek láthatóságáról közöl előrejelzéseket és magyarázatokat. Cikkei megkönnyítik az olvasók eligazodását korunk szinte követhetetlen információáradatában, a beszámolók pedig a hazai csillagászati intézmények munkájáról adnak tömör áttekintést.

Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőr csillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre. Újhidas hétvégeken tartjuk megfigyelő-hétvégeinket Ágasváron (Mátra), melyeken – időpont-egyeztetés után – iskolai csoportok, szakkörök is részt vehetnek.

Ügyelet, távcsőépítési szaktanácsadás

Budapesten keddenként 18 órától tartunk ügyeletet az óbudai Polaris Csillagvizsgálóban. Előadás-sorozatainkat is az ügyeleti napokra szervezzük. Részletes információt a Meteor folyóiratban találhat, vagy az egyesület telefonszámán kérhet.

A Magyar Csillagászati Egyesület az Interneten

Amennyiben van módja használni az Internetet, tekintse meg egyesületünk honlapját:
<http://www.mcse.hu>

Csillagászati előadások, távcsöves bemutatások

Egyesületünk kihelyezett távcsöves bemutatásokat és ismeretterjesztő előadásokat vállal iskolák és művelődési intézmények számára.

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.

Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

Csillagászati kiadványaink

A felsorolt kiadványokat az MCSE postacímén (1461 Budapest, Pf. 219.) rendelheti meg rózsaszín postautalványon. Az utalvány hátoldalán, a közlemény rovatban sorolja fel a megrendelt kiadványokat. Áraink a postaköltséget is tartalmazzák. A zárójelben lévő összegek az MCSE tagjaira vonatkozó, kedvezményes árak.

Meteor csillagászati évkönyv 1994	300 Ft	(250 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1995	400 Ft	(300 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1996	500 Ft	(400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1997	600 Ft	(500 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1998	700 Ft	(600 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1999	900 Ft	(800 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2000	1100 Ft	(1000 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2001	1400 Ft	(1200 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2002	1600 Ft	(1400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2003	1800 Ft	(1600 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 2004	1900 Ft	

(tagjaink illetményként kapják!)

A Meteor 1999-es évfolyama	2800 Ft	(2600 Ft)
A Meteor 2000-es évfolyama	3200 Ft	(3000 Ft)
A Meteor 2001-es évfolyama	3600 Ft	(3400 Ft)
A Meteor 2002-es évfolyama	3800 Ft	(3600 Ft)
A Meteor 2003-as évfolyama	4000 Ft	(3800 Ft)
A Meteor 2004-es évfolyama	4945 Ft	

(tagjaink illetményként kapják!)

Bebesi Zs.–Csák B.–Kiss L.: Változócsillagok fénygörbéi 1993–1997	250 Ft	(200 Ft)
Csaba Gy. G.: A csillagász Hell Miksa írásaiból	300 Ft	(250 Ft)
Csaba Gy. G.: Szentiványi Márton csillagászati nézetei...	300 Ft	(250 Ft)
Kereszturi Á.–Sárneczky K.: Célpont a Föld?	2000 Ft	(1800 Ft)
Keszthelyi S.: Magyarország napórái (katalógus)	500 Ft	(400 Ft)
Keszthelyi S.–Sragner M.: Napfogyatkozás és honfoglalás	300 Ft	(250 Ft)
Kiss L.: Változócsillag fénygörbék 1988–1992	250 Ft	(200 Ft)
Messier keresőtérképek	300 Ft	(250 Ft)
Meteorészlelő térképsorozat	200 Ft	(180 Ft)
Mizser A. szerk.: Amatőr csillagászok kézikönyve (2. kiadás)	2300 Ft	(2000 Ft)
Mizser A.–Kiss L.–Fidrich R.: Változócsillag katalógus (2. kiadás)	250 Ft	(200 Ft)
Pleione Csillagatlasz (hmg= 7,0)	300 Ft	(250 Ft)
Ponori Th. A.: Divina Astronomia	600 Ft	(500 Ft)
Ponori Th. A.: Hajnali szép csillag	600 Ft	(500 Ft)
Teljes napfogyatkozás diasorozat (35 db-os)	4500 Ft	(3500 Ft)
Pleione csillagatlasz	300 Ft	(250 Ft)

Részletes árjegyzékünket megtekintheti a Polaris Csillagvizsgáló honlapján:
polaris.mcse.hu/polaris-bolt/

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.
 Tel.: (1) 279-0429, E-mail: mcse@mcse.hu

**meteor
csillagászati
évkönyv 1996**



**meteor
csillagászati
évkönyv 1997**



Az év
csillagászati
eseménye
a Hale-Bopp-üstökös

**meteor
csillagászati
évkönyv 1999**



Az év eseménye
a Nap teljes elhalványlása
augusztus 11-én

meteor 2003/9
szeptember

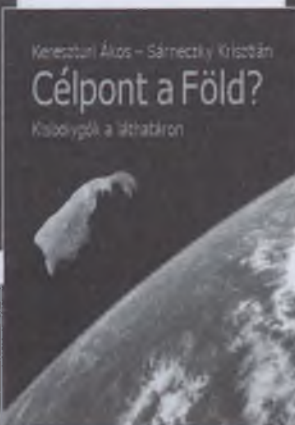


**meteor
csillagászati
évkönyv**



2003

Kerecsényi Ákos – Sárneczky Krisztián
Célpont a Föld?
Kisbolygók a láthatáron



PONT A TARTÁRSZÉKEN
HAJNALI SZÉP CSILLAG

CSILLAGSZAT A MARIA-MÉNYESOKBAN



PINÓRI TITHEDEK ALRÉI
DIVINA ASTRONOMIA
CSILLAGSZAT DANTE MŰVEIBEN



**TÁVCSŐ SZOLGÁLTATÓ
TELESKOP-SERVICE**

**www.tavcső.com
Info@tavcső.com**



**SMS: 06(20)432-5555
Tel: 0043(676)526-5280
Fax: 0043(70)783-983**

Szállítási határidő: 30 nap

Szolgáltatásaink:

Minden távcsővünket sorszámozzuk és Ronchigrammal szállítjuk.

Futárszolgálat az EU területén.
(Cross Border Selling)

Árucikkeinket megrendelheti
közvetlenül Münchenből is.

Ízelítő árainkból:

253/1200 GSO Dobson:

698 Euro / 199 000 Ft

127/820 TS-refraktor:

498 Euro / 149 000 Ft

EQ6 kompletten:

998 Euro / 299 000 Ft

Kérdésekre választ adnak:

Wolfgang Ransburg és Szánthó Lajos

Csillagvizsgálók, kisplanetáriumok építészeti tervezése

Szász-Ház Bt., tel.: (20) 424-2381

Tisztelt Olvasónk!

2003-ban az 1%-os SZJA-törvénynek köszönhetően a Magyar Csillagászati Egyesület tagjai és a csillagászat barátai 3 130 000 Ft-tal támogatták munkánkat. Az összeg egy részét a 2004-es csillagászati évkönyv bővítésére, színesítésére használtuk fel.

Kérjük, 2004-ben is támogassa a Magyar Csillagászati Egyesületet az SZJA 1%-ával – egy még szebb, tartalmasabb csillagászati évkönyvért!

Adószámunk: 19009162-2-43

Refraktorok**AZ mechanikán**

50/600 – 17 900 Ft
 60/800 – 24 800 Ft
 80/600 – 59 000 Ft

Refraktorok**EQ mechanikán**

70/350 – 49 000 Ft
 80/400 – 59 000 Ft
 80/640 – 65 000 Ft
 90/900 – 79 000 Ft
 102/1000 – 109 900 Ft
 127/ 700 – 159 000 Ft
 127/1200 – 227 000 Ft
 152/1200 – 298 000 Ft

Newton-távcsövek

76/700 – 29 000 Ft
 114/550 – 59 900 Ft
 114/900 – 59 000 Ft
 152/750 – 99 900 Ft
 203/800 – 179 900 Ft

valamint „rácsos”

Dobson-távcsövek 20,
 25, 30 cm átmérőben.

<http://tavcsodiszkont.csillagaszat.hu>



**TÁVCSŐ
DISZKONT**

99/332-548

30/2538241

Sopron, Jázmin u.8.

szasan@axelero.hu



A megfizethető minőség

Mechanikák

EQ2 – 19 000 Ft
 EQ3B – 23 000 Ft
 órágéppel 50 600 Ft
 EQ3H – 29 900 Ft
 órágéppel 59 800 Ft
 EQ4 – 59 000 Ft
 órágéppel 96 000 Ft
 EQ5 – 89 000 Ft
 órágéppel 157 000 Ft

Okulárok, tartozékok

Plössl – 6700–8400 Ft
 orthoszkopikus –
 5900 Ft
 WA (Wide Angle) –
 14 900–25 500 Ft
 Erfle és Wide Scan,
 Barlow lencsék –
 7600–9800 Ft
 zenittűkör –
 7900–9300 Ft
 foto adapter –
 9500–10 900 Ft

Az árak az ÁFA-t tartalmazzák. Kérje teljes árjegyzékünket levélben, vagy látogasson el honlapunkra!
 A bemutatóterem telefonos bejelentkezésre látogatható.

A postaköltség Önt terhelő része minden utánvételes csomag esetén maximum 900 Ft.

Minden termékre 21 napos „meggondoltam magam” pénzvisszafizetési és 1 éves általános minőségi garancia!

XXI. századi technika a csillagászatban!



Astro-Physics, Inc.

CELESTRON



**Apogee
Instruments Inc**



Lencsés és tükrös távcsövek, manuális és automata mechanikák, GPS vevővel is! CCD kamerák és kiegészítők, szűrők, adaptív optikai modulok, spektroszkópok, IR és UV technika! Hazai professzionális optikai-, elektronikai és mechanikai termékek!



astroTech Műszer- és számítástechnika KKT

BAJA, PF 116. fax: (79)427-001, tel: (20)9370-042, www.astrotech.hu, info@astrotech.hu



ÉG-BOLT TÁVCSŐSZAKÜZLET

Bemutatóterem: Budapest, IX. Ráday u. 19.

Galaxy Dobsonok

A német ICS fejlesztette Galaxy Dobsonok az olcsó távol-keleti műszerek felső kategóriájába tartoznak. A diffrakcióhatárolt Newton-optika és az egyszerű Dobson-szerelés használata szinte élvezet.

Dobson kínálatunk:
200/1200,
250/1250.



Helios refraktorok

Egy kis lencsés távcső előnye a hordozhatóság és az éles kép. Klasszikus és esztétikus műszerek igen kedvező áron, óragéppel is felszerelhető EQ-3 vagy EQ-5 mechanikán.

Fraunhofer-refraktorok:
90/900, 102/1000,
120/1000.



Takahashi refraktorok

A fluorit apokromátok diffrakciós fényesége 97% feletti. A 60/365 FS és a 90/500 Sky 90 különlegesen kicsi és könnyű utazótávcső. Utóbbi a „legélesebb kis távcső a piacon” (S&T).

Fluorit dublett és triplett kínálatunk:
60/365, 78/630, 90/500,
102/820, 128/1040, 152/1260.



Fujinon binokulárok

Lehetséges-e egy közel tökéletes optikát még tovább javítani? A Fujinon válasza: igen! Az FMT-SX-2 sorozat fényáteresztése 96%, a leképezés a széleken is szinte torzításmentes. Robusztus kivitel, 30 év garancia.

Binokulár kínálatunk:
7×50, 10×50, 10×70, 16×70.

**Takahashi, Pentax, TeleVue, ICS, Fujinon, Miyauchi,
Galaxy, Tal, Helios távcsövek és okulárok**

Bemutatóterem a Hegyisport szaküzletben, nyitva: h.-p.: 10^h–18^h, sz.: 10^h–14^h
Telefon: 20-434 8722 — honlap: egbolt.csillagaszat.hu

Színes képek

1. A Mars északi poláris sapkájának háromdimenziós képe, amely a Mars Global Surveyor felvételei alapján készült. (Mars – Paleoklíma-vizsgálat lehetősége című hírhez.)
- 2–3. A svéd naptorony La Palmán (Kanári-szigetek) és az új távcsővel készült, nagy felbontású felvétel egy napfolt penumbájának részletéről. A penumbra sötét szálainak közepén hajszálvékony, világos „csatornák” láthatók. (A Megújult svéd naptorony című hírhez.)
4. Az NGC 4622 galaxis spirálkarjainál mindkétféle felcsavarodási irány megtalálható. (Az NGC 4622 spirálkarjai című hírhez.)

Az infravörös égi háttér című cikkhez

5. Az ekliptika környezetének infravörös képe a COBE műhold adatai alapján, a nagyléptékű összetevő levonása után. Az ekliptikával párhuzamos, de attól $\pm 0.5^\circ$ és $\pm 10^\circ$ -ra eltolódott sávok minden valószínűség szerint a kisbolygóútközések eredményeként képződött por elhelyezkedését mutatják, és hozzárendelhetők egyes kisbolygócsaládokhoz (Themis, Koronis, Eos).
6. A kozmikus infravörös háttér meghatározása a COBE műhold DIRBE műszerével. Fent: a megfigyelt infravörös égbolt képe több hullámhosszon (12–240 μm) készült mérésekből összeállítva. A közepén húzódó fényes sárgás sáv a Tejút, a kekes S betű az ekliptika vonalát követő állatövi fény kibocsátása. Középen: az infravörös égbolt az állatövi fény levonása után. Lent: az infravörös égbolt, levonva a Tejútrendszer csillagközi anyagának sugárzását. A „maradék” többé-kevésbé homogén emisszió (leszámítva a Tejútrendszer síkját, ahol a levonás igen nehéz) a kozmikus infravörös hátteret adja.
7. Infravörösben erősen sugárzó távoli extragalaxisok. Az ISOCAM-mal készült felvétel a Lockman-ablak (olyan égtérület, amelynek irányában kicsi az intersztelláris elnyelés) $3^\circ \times 3^\circ$ -es részét mutatja a 7 μm -es hullámhosszon.

A Meteorocsillagászat című cikkhez

8. Meteorok fényképezésére használatos, 35 mm-es objektívekkel felszerelt fotografiai rendszer (Holland Meteoros Társaság).
9. A Leonidák meteorraj 2002-ben is sok hullócsillagot produkált. A képet november 19-én hajnalban készítette Rác Zoltán a Mátrából, a Három falu temploma mellett.

A Mikrovazárok című cikkhez

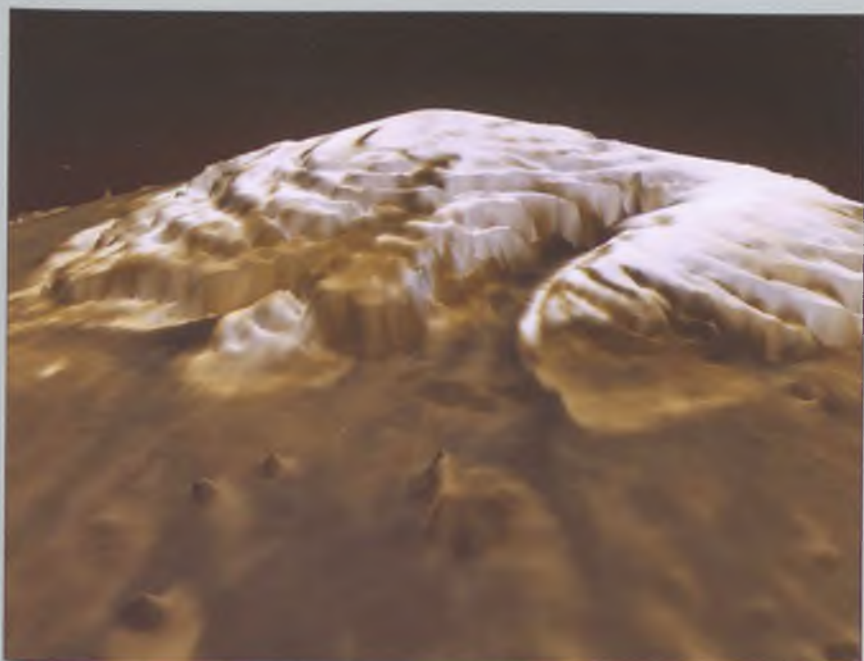
10. Az SS433 mikrovazár a W50 szupernóva-maradványon belül helyezkedik el (fent a VLA-val, mozaik technikával készült rádiótérkép, Gloria Dubner szíves hozzájárulásával). A rádiónyalábok precesszálo mozgása jól megfigyelhető ívmásodperces skálákon (a közepén látható térkép az angol MERLIN hálózattal készült). Globális VLBI technikával az SS433 rádiószerkezete ezred ívmásodperces felbontással feltérképezhető (lent). A jól ismert rádiónyalábok mellett két „egyenlítői” rádiókomponens is látható.
11. A GRO J1655–40 volt a másodikként felfedezett mikrovazár, amelynek rádiónyalábjában közel fénysebességgel áramlik az anyag. A külső megfigyelő a közeledő rádiókomponens sajátmozgása alapján a fénysebességnél nagyobb értéket mér, ez a látszó szuperfénysebességu mozgás. Az egy hónapot átívelő sorozatot az amerikai VLBA-hálózattal készítette Robert Hjellming és Michael Rupen. (Forrás: <http://www.nrao.edu/imagegallery>)

A Látjuk-e a csillagok felszínét? című cikkhez

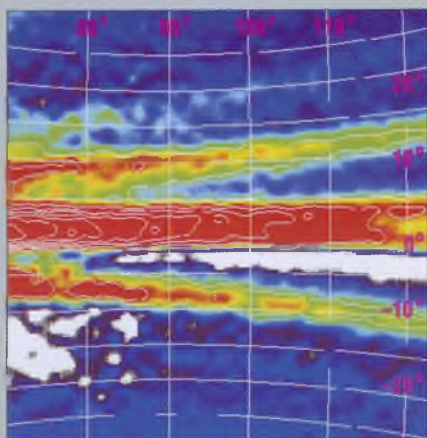
12. Az EK Dra G1.5 V színeképtípusú csillagról készített Doppler-kép a forgás négy fázisában. A csillag felszínén jellemzően a pólushoz közeli tartomány a leghidegebb, ilyet a Napon sohasem tapasztaltunk. Az elérésre magyarázat lehet a közel tízszeres forgási sebesség. (<http://www.aip.de/groups/activity/DI/maps>)

További érdekes képek

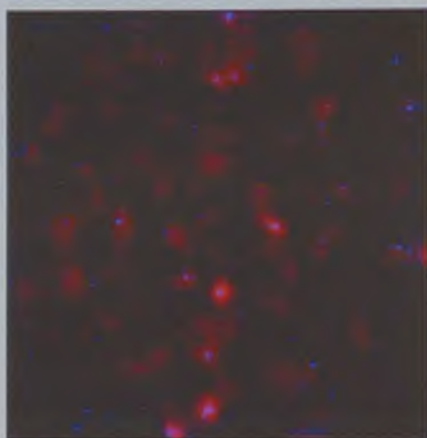
13. A Nemzetközi Űrállomás átvonulása a Hold előtt. Tom Laskowski az USA-beli South Bend (Indiana) mellől készített digitális filmfelvételt az átvonulásról, 2003. április 11-én. A bemutatott kép a film egyik kockája, az űrállomás képét digitálisan feljavították.
14. 2003. július 17-én a Hold elfedte a Marsot. A látványos felvételt Ron Dantowitz készítette Floridából. (A jelenség hazánkból nem látszott.)
15. A Clavius-kráter a Holdon. Kiss Gábor és Kubus Gyula felvétele Philips ToUcam webkamerával és 25 cm-es f/16-as Cassegrain-távcsővel készült.
16. Leonida-meteor. Tepliczky István felvétele 2002. november 18/19-én készült, Nikon Coolpix 4300 digitális fényképezőgéppel, 8 s expozíciós idővel. A jobb felső sarokban a telehold tülexponált képe látható.
- 17–19. Mars 2003-as nagy oppozíciója idején több száz webkamerás felvételt készítettek a magyar amatőrök – ezek közül mutatunk be hármat. Mindhárom felvétel Philips ToUcam webkamerával készült. 17. 2003.07.28., 01:25 UT, 230/2585-ös YOLO-teleszkóp (Schné Attila). 18. 2003.08.02., 01:49 UT, 175/1400-as TMB apokromát (Kiss Gábor, Balog László). 19. 2003.08.21., 00:37 UT, 200/1800-as Cassegrain (Tordai Tamás, Nagy Zoltán Antal és Hollósy Tibor).
20. Az M33 jelű galaxis a Triangulum csillagképben. A felvételt Éder Iván készítette 152/900-as Makszutow – Newton-távcsővel, Fujipress 800 filmre, 45 perc expozíciós idővel.
21. A 2003. május 7-i Merkúr-átvonulás Csabai István felvételein. A képek 80/1200-as Zeiss AS objektívvel készültek (SFO-szűrő, MF projektív 8x, Nikon D100 fényképezőgép).
22. A 2003. május 16-i teljes hofogyatkozásról 2:24 UT-kor készült felvétel, 110/1000-es refraktorral és Nikon Coolpix 4300-as fényképezőgéppel (Szendrői Magán-csillagvizsgáló).
23. „Napfogyatkozás-kele” 2003. május 31-én hajnalban. Kereszty Zsolt látványos sorozatfelvétele Écs mellől készült, 15 cm-es Schmidt – Newton-távcsővel, Thousand Oaks napszűrővel, Kodak Supra 100 filmre.



5



6



9



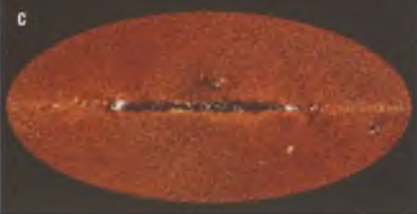
a



b



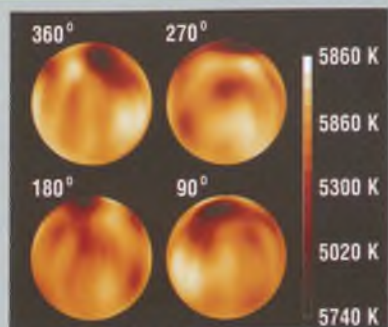
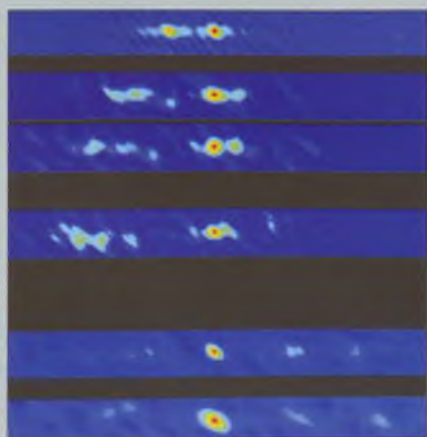
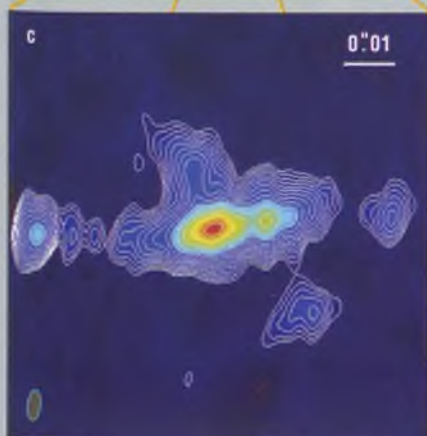
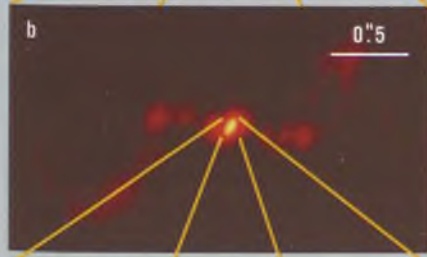
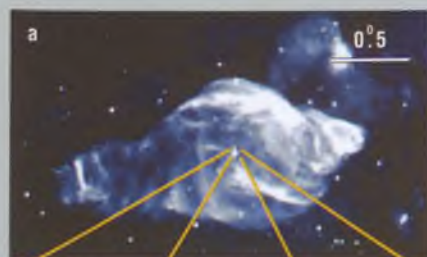
c



7

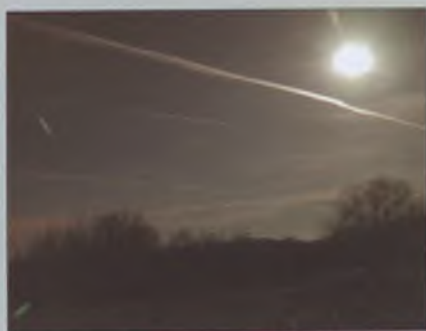
8







15



16



17

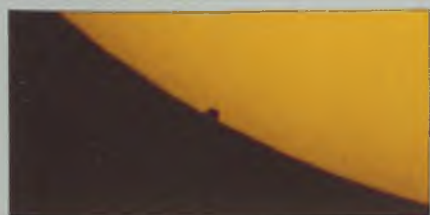
18



19



20



21



22



23

1898 Ft

ISSN 0866-2851



9 770866 285002